奇妙植物博物馆

— 套装共3册 —



博集天卷
CS-BOOKY

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

版权信息

书名：奇异植物博物馆（共3册）
作者：【美】亨利·戴维·梭罗 【加】铃木大卫 【加】韦恩·格雷迪 林十之
译者：陈义仁 林茂昌 黎湛平 林澧波

本书由天津博集新媒科技有限公司授权亚马逊发行

版权所有 侵权必究

Booky New Media
博集新媒

目录
CONTENTS

种子的信仰
一棵花旗松的生命之旅
生命之美：奇异植物的生存智慧

被整个世界阅读和怀念的《瓦尔登湖》作者梭罗
生前梦想能够完成的作品
生 命 最 后 十 年 ， 每 日 在 林 中 散 步 的 所 思 所 想

FAITH IN A SEED

种子的信仰

正式授权简体中文版

[美] 亨利·戴维·梭罗——著
[美] 布莱德利·迪恩（Bradley P. Dean）——编
陈义仁——译

Henry D. Thoreau

沉睡一百二十五年的
珍贵自然笔记手稿　惊艳曝光



湖南文艺出版社　博集天卷

版权信息

书名：种子的信仰

作者：【美】亨利·戴维·梭罗

译者：陈义仁

出版社：湖南文艺出版社

出版时间：2019-08-01

ISBN：9787540492366

本书由天津博集新媒科技有限公司授权亚马逊发行

版权所有 侵权必究

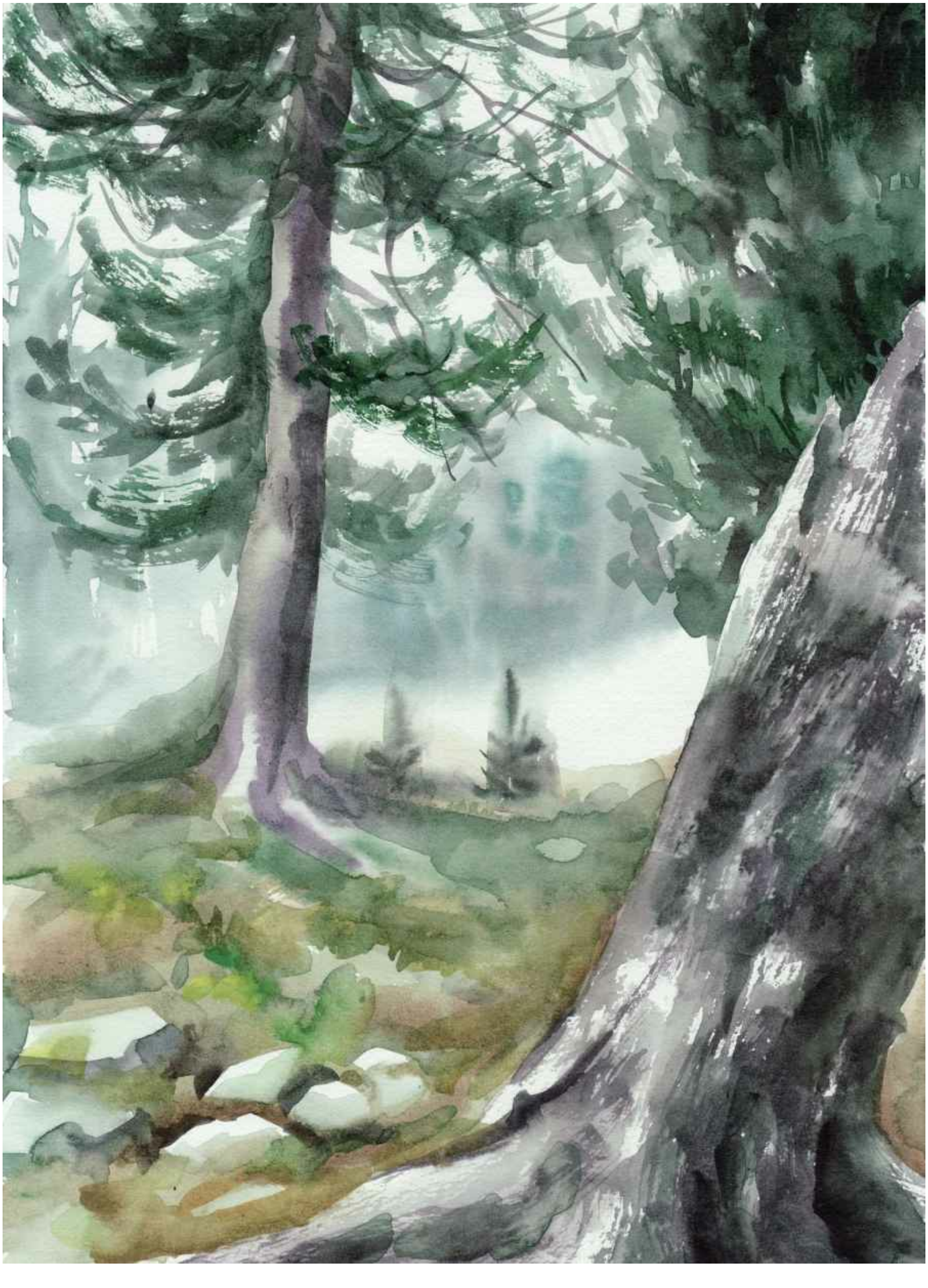
目录
CONTENTS

彩插
第一部 种子的传播
第一章 有翅膀的种子
北美油松种子启程飞行
从树顶起飞的白松种子
铁杉与落叶松的松子大餐
蝴蝶般的桦树种子
无翅也能飞的赤杨种子
有如昆虫薄翅的枫树种子
水边的榆树和梣树翅果
第二章 因风而起的毛絮种子
风中的棉絮
不毛之地的拓荒者
白杨谷与柳堤
百折不挠的黑柳
胜利之爱与同情
悬铃木的降落伞
渺小的起源
第三章 鸟是种子的另一双翅膀
樱桃，鸟的最爱
找到果子，就找到鸟儿
鸟儿的野果菜单
鸟儿之外的传播方式
不劳人工栽种的果树
第四章 远播四方的种子
顺流而下
发射吧种子
乘着河水漂流
各怀绝技的传播术

第五章 草生植物·绒毛远扬记
菊科的绒毛小球
飞越沧海的蓟草
野火烧不尽的野火草
马利筋的生命宝盒
染白秋日原野
第六章 种子搭便车
鬼针草暗箭齐发
山蚂蟥的长锯子
牛蒡和苍耳的芒刺
勾勾缠的琉璃草
第七章 水生植物·种子漂流记
随波逐流
动物送货员
洋流里的植物舰队
第八章 敌消我长的松树与橡树
松鼠的造林作业
松树林是橡树的天然苗圃
种子的生命力
向大自然交税
松树林里的橡树苗
橡树林里的橡树苗
橡树的最佳保姆
第九章 为森林植树的动物们
栗树的秘密
橡树森林的创造者
山核桃之谜
松鼠的多功能矮橡树
严密看守榛果的松鼠
贮存种子的田鼠
功不可没的鸟儿
地球表面布满了种子
第十章 北美油松与白松的接力赛
北美油松是白松的先锋部队
酷爱阳光的北美油松
取代橡树的白松
混生林的诞生

第十一章 残根间的林地史
攻城略地的森林之争
康科德的森林史
人与自然的拉锯
第二部 梭罗晚期自然史作品
第一章 野果
乡土的滋味
野果的登场序曲
草莓，大地的第一抹红
春天的莓果飨宴
高丛蓝莓的沼泽风味
阳光下的矮丛蓝莓
第二章 野草与禾草
第三章 森林树木
梭罗手稿
梭罗生平与创作年表

彩插



第一部
种子的传播

某天我经过一片北美油松林，

看见一些小树长在草地上，

从树林吹来的种子……

在几年之内，

若是不受打扰，

这些树苗将改变大自然的面貌。

普林尼的著作涵盖当时的自然科学，他告诉我们，有些树木不结籽，“不结任何东西、就连种子也不结的树木，包含仅用于制帚的柽柳、杨树、欧洲光叶榆和鼠李”；他还说“这些树木被认为是不幸的，从而被视为不祥”。

由于人们还不能肯定某些树木能否开花结籽，因此更重要的是，不仅要证明它们能，还要指出它们的目的为何。

我们太习惯看到一座森林被砍伐后，就有另一座森林立刻冒出（无论长自树桩或种子），也从不烦恼森林的演替变化，因此几乎不会把种子和树林联想在一起，也从不认为这种规律演替会有停止的时候，使得我们像所有欧洲古老国家那样开始种树。欧洲的植树者必定要比我们更懂得种子的价值。一般来说，他们知道林木起自种子；但我们只知林木被砍掉后会从地里再次冒出，就像动物的皮毛在夏季变得稀疏后，总会重新长出。当森林的资源随着时间衰减，我们也无可避免地越来越确信种子的重要性。

本章的目的，是要依据我个人的观察，来描述林木和其他的植物是

如何由大自然种下的。

当一片森林在这附近自然长出，且当地不曾长过这种树，我会毫不犹豫地说，那片森林起自种子。在各种已知繁殖树木的方法之中——如移植、扦插等——从种子发芽是上述情况唯一的可能。从来没有哪片这样的森林是起自别的来源。如果有人主张它起自别的来源，或是无中生有，那么举证之责就在他身上。

接下来，就只要说明种子是如何从出生地被带往生长的地方的。这主要靠的是风力、水力和动物的媒介。较轻的种子，像松树和枫树的种子，主要是由风力和水力传播；较重的种子，像橡实和坚果，则是依靠动物。

第一章
有翅膀的种子

北美油松种子启程飞行

我们先从北美油松谈起。诸位读者很可能都认识它那坚硬的圆锥状球果，这种球果不用刀子很难从树上采下来，它又硬又短，很适合用来替代石头。确实，罗马人就曾如此使用。他们称之为松树坚果，有时则称作“松树的果实”，亦即松果。相传罗马执政官瓦提尼乌斯曾举行一场角斗士表演来安抚民怨，却被民众丢石头。市政官早已明令禁止民众在竞技场投掷果实以外的东西；于是，民众便以“松树的果实”丢向瓦提尼乌斯。此举是否违法，引起争议；著名律师卡谢利斯被问到该问题时答道：“这松果，如果你是丢向瓦提尼乌斯，就算是果实。”

如果未被摘取，北美油松的球果就会待在树上过冬，往往甚至留置数年。你可以看到灰色的老球果（罗马人似乎称之为*azaniae*），有时围成一圈长在大树树干离地两英尺[1]内的高度，那些全是在二三十年前，那棵树年幼时结成的，真是经久不落。

在这种坚硬、多刺又富含松脂的毬果里，包含一百个两两成对的暗褐色种子，每对种子在多刺、有如盾牌的果鳞背面占有一个单独的空间。一片长约四分之三英寸[2]的薄膜或薄翅，从种子的一端伸出，薄膜的末端叉开，夹住种子，有如一只笼中鸟用喙咬住种子，一经解放，就能飞出去播种。

风声已穿透毬果的果鳞，而种子也已准备好要利用风势。据达尔文所述，康多尔谈到，带翅的种子绝不会出现在不会张裂的果实中。这类种子天生适合飞行。这片薄翅独立于种子，你可以将种子拆下再旋回原位，就像拆装表面玻璃一样。

阳光和风拥有这些果鳞密室的钥匙，在次年或后年秋天，“啪”的一声将锁打开，并且在整个冬天持续进行。果鳞里的种子全都露了出来，

那些既薄又弯的把手朝上、朝外迎风，风一阵一阵地拉起把手、将种子送走。倘若种子在平静无风的天气被释放出，就会快速旋转，直落地面；然而，若是有风，种子就会飞向某一侧。这些种子常让我想起某些深腹形鱼类——像鲱鱼或鲥鱼——这些棕色鱼群每年进行短程洄游时，总会将腹侧和尾巴弯向某侧，那般易弯的身体就像某种鸟翼或鱼鳍，但并不是用来做各种持续性的飞行，而是用来在激烈水流里控制方向。



大自然总是采用最简单的方式来达到它的目的。如果它希望种子落下时稍稍偏离垂直线，以便能散播开来，它只要把种子弄平，做成边缘较薄的碟状，并略微不平整，使其能在降落途中稍微“偏移”。最终，当种子需要从松树顶端开展更远、更广的飞行，上述的简单构造就会添上称作翅或鳍的活动式薄片。

北美油松会结出很多种子，而且非常专注于扩展族群的领域。它们从很小就开始结籽——有时还不到两英尺高就开始了。

我注意到，北美油松若因生长在土壤贫瘠或多岩石之地，以致难以生存时，就会结出更多球果。我见过一棵北美油松兀自孤立于山顶的一块岩石，树高仅有三英尺，树冠宽度等于树高，而我数出树上共有超过一百颗不同龄期的球果。就在攻下这座岩石要塞之后，那棵松树的首桩心事就是召来百位追随者，以求确实占领。

米肖注意到，“只要这些松树群聚而生，球果便会在树枝上单颗散生……球果会在成熟后的第一个秋天释出种子；但在那些单独生长的松树上，球果会以四颗、五颗或更多颗的状态丛生，而且保持闭合数年”。

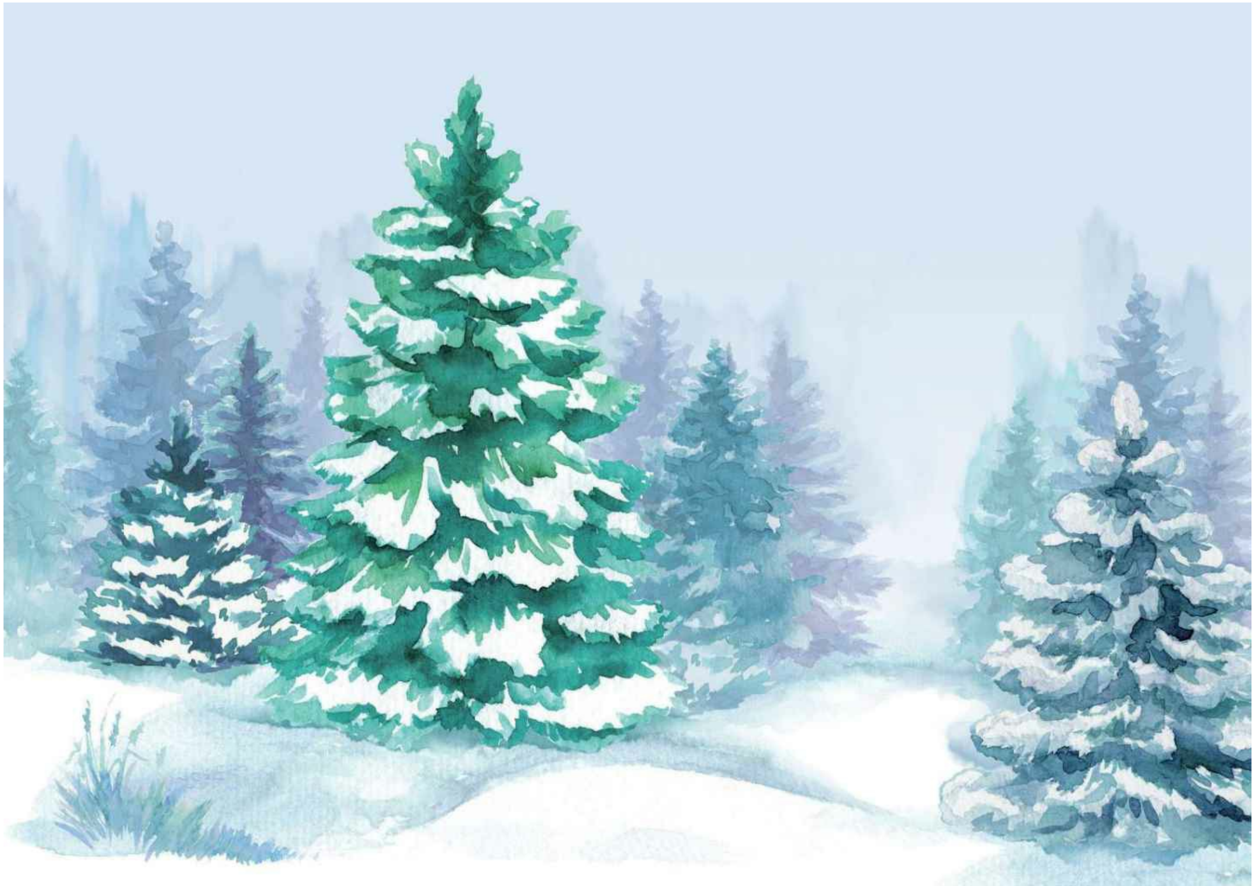


果实不仅最好长在最外围的树上（通常这些树结的果实也最多），

还要有一阵强风，才能将种子送到远方去，如此一来，种子才不会立即落地，造成浪费。大家都曾见过高度一致的北美油松密林，这种树林或许是由一阵强风播种而成，而且你往往可以猜到那些种子来自哪棵树。我看到了（用心灵之眼看，有时也用肉眼）种子从树上飞出，有如一阵浓密的阵雨，纷纷落在二三十竿外，就像从播种者手中撒出的谷粒。

有时候，人们会砍下大量的年轻北美油松，只留下年长的母株为大地再度播种。小北美油松在六岁以前通常不太引人注意。

某天，我经过一片北美油松林，看到草地上冒出了几株幼苗，那是从松林飘出的种子长成的。其中有一株幼小的松苗，发自今年的种子，在草地上只略微可见，我差点就将其误认为苔藓的茎叶。它就像一颗光芒四射的绿色小星星，直径为半英寸，被一英寸半高的细茎抬离地面。这般长寿的树木，竟有如此微弱的起始！到了来年，它将会成为一颗更加亮眼的星星；再过几年，如果没有被打扰，这些幼苗将会改变大自然的面貌。对这里的青草来说，这些苔藓似的星星是不祥的象征，预示了它们的灭亡！这片土地将从草地变成森林——因为，降临在土地上的，除了苔藓和青草的种子，还有松树的种子。这些现在在草地上被误认为苔藓的东西，或许会长成高大的树，活上两百年之久。



不同于白松，北美油松会在整个冬季陆续张开球果、散播种子，那些种子不仅会被风吹往远方，还会在冰雪之上滑行。我总觉得平坦的雪地很有价值，尤其是结冻的雪地，因为光滑的表面有利于落在上头的种子传播。我曾多次在雪地测量，落在最远处的松子与最近一棵位于迎风处的松树相距多远，发现这段距离和最广阔的草地一样长。我见过松子横越附近一座半英里宽的湖泊，我想没道理这种种子不能偶然被吹到数英里外去。在秋天，松子会被地上的野草和树丛拦下，然而，等到白雪覆盖一切，地面变得平整，这些躁动的松子疾驰而过，就像乘着被隐形队伍拖着的固纽特雪橇，直到松子失去果翅，或碰上无法跨越的障碍，才终于停歇，等候机会长大。大自然跟我们一样，也有它的年度滑雪活动。在我们这多雪多冰的地方，北美油松就靠着这种方式，逐渐从大陆的此岸传播到彼岸。

七月中旬，我在上述湖泊的岸边，就在高水位线下的位置，看到许多从石头和泥沙中刚冒出芽的小北美油松，这些种子是被吹来或漂来的。它们沿着水边的某些地方，成排生长着，然而这些松树经过十五二十年之后，终将因为湖岸结冰隆起，而倾倒、毁坏。

我最近发现附近草地上的沙质铁路路堤，长出一棵小北美油松，我以步距测出它离最近的松树约有六十竿，这并非不寻常之事。我见过一株北美油松单独在我家院子冒出，它距离最近的同类约有半英里远，中间隔着一条河流及深谷，还有数条道路和数座栅栏，但它仍在那里落地生长。如果大家没有注意的话，这种树很快就会在我们自家院子里散播开来。

每年，松树种子都会这样从松林被风吹出，然后落在各种有利或不利的土地上。如果环境合适，就会有一片松林出现，尤其是碰巧下风处土地为开阔地，或者甫经整地、犁翻或焚烧。

有人告诉我——有类似情况的人太多了——他曾有一片松树林，他把松树砍掉后，土地长出了橡树丛。他砍掉橡树、烧了地，并播撒黑麦种子，而这片三面被松林包围的土地，到了次年又长满了浓密的松树。

松鼠也会帮忙传播北美油松的种子。每年秋天，尤其在十月中旬左右，我总是看到大量的松枝和松针掉在树下，显然是被咬啮的。这些松枝粗约二分之一到四分之三英寸，通常还有三四根分枝。今年我在某棵松树底下数出二十几根，而这样的树枝在所有北美油松林都能看见。那很明显是松鼠所为。我始终不清楚松鼠的目的，因此去年秋天我决定探究此事。

于是，在某夜思考过后，我告诉自己，“这种情况如此普遍而规律，只要在大型松鼠和北美油松出现的地方就能看见，这绝不会是意外或反常的结果，而必定有关这种动物的需要”。我发现自己的生活需求是食、衣、住和燃料；但松鼠只需要食和住，我从未看到过这些树枝被拿来做窝；因此，我认为它们的动机是要获取食物。因为我知道，北美油松的各个部分，只有种子是松鼠要吃的，所以我很快推断它们咬下这些树枝是为了取得球果，同时也让球果更易于携带。我一想到这点，就差不多明白了。



几天后，我穿越一片北美油松林，地上一如往常散布着松枝，当时我发现一根长十一英寸、粗约半英寸的松枝，截断处恰在两颗闭合球果以下，其中一颗球果的果柄也被咬得半断。还有，在距离这座小松林三四竿的空地上，我看到三根树枝被扔在一处。其中一根约英尺长，截断处位于三颗球果以下一英尺，其中两颗球果位于同一根分枝，另一颗在另一枝。另外两根松枝中，有一根特别长。

于是，我的理论通过观察得到证实。松鼠把这些带着球果的树枝搬往比较方便的地方食用或储存起来。你会很惊讶地看到它们搬运这么大的树枝，有时甚至走了很远的距离。它们比我们所想的还强壮。有位邻居告诉我，他看过某只灰松鼠带着一大根玉米，从他那玉米仓房的破窗冲出，沿着侧边往上爬，越过屋顶，或者跑进高高的榆树里。

然而，你在松树林见到的落枝大多较小，比起玉米的大小只能算是一片羽毛，那些落枝在球果上方被截断，为的是减轻负担或取得球果。那些树枝在去年秋天被大量折下，使得树上留有球果的北美油松很少，因此当我穿越北美油松林，经常要靠着这些散落在树下褐色地面上的绿色松枝，来认出有结果的松树。

令人感到惊讶的是，松鼠竟然这么粗暴地剥毁、破坏它们赖以为生的松树。我常想，要是那些松树是我的果树，我早就大声叫嚷了，即便那些北美油松会因此被修剪，而且可能获益。

显然，松鼠通常一次只搬一颗球果；不过或许较强壮的松鼠宁可连着树枝一趟搬上三颗，而不需来回跑上三次。我经常看到它们在受打扰后抛下球果，而我曾在某处田野发现二十四颗颇为新鲜且未开启的球果，堆放在一棵单生的松树底下，显然它们将被运往别处。

去年十月，我没有像往年那样见到任何球果被吃掉或摘下的情形。因此，我判断大多数球果都被收藏在树洞或地洞，或许有些像坚果那样，被单颗埋在土里。

试想松鼠在十月份有多忙碌，它们忙着在全州每处北美油松林咬下树枝并收集球果。当农人在挖掘马铃薯和收割玉米的时候，不会想到松鼠竟在邻近的树林里比他们更勤奋地收获球果。



借由这样的方式，就连松鼠也能将松树种子散播到远方。我经常看到一颗单独的北美油松球果远远躺在一片旷野里，那是松鼠在前往某处树林、围墙或树桩的途中所掉落的——更常见的是落在松鼠走过的某面围篱旁边，而那儿离树林已有好一段距离了。球果躺在那里，有时整个冬天都被雪覆盖着，直到冰雪融化，当它感受到阳光的温暖时，才会张开果实，撒落种子。

北美油松球果拥有一根极为厚实而坚韧的果柄，木质的部分往往就有四分之一英寸粗，但果柄的长度很短，几乎不及四分之一英寸，这使得果柄很难折断。虽然这些球果又硬又难处理，但你在地上见到的新鲜球果几乎全被松鼠咬下，你还能清楚地看见果柄上的齿痕。松鼠边折边咬，不出几下，就能把球果从树枝上弄下来。

当松鼠成功摘下球果，它就坐在围篱支柱或其他栖息处，从球果基部着手，一片片啮下果鳞，接着吞食种子，只留下末端半打没有种子的果鳞。被啃光的球果状似一株漂亮的小花，这要是人用小刀来刻，可得花上很长的时间。

摘球果和剥球果是松鼠一族精通的本领，那是它们的强项，我不信你能提出其他比这更好的方法。经过很长时间的尝试，松鼠选了这个方式作为它们的本能，而人类要是也得用牙齿打开球果，我们最终也会做出相同决定的；然而，它们早在人类发现松树果实含有松子之前，取食松子的技艺已发展至娴熟境界。

进一步仔细看看这只松鼠如何取食松子吧。它不会无谓地刺到手指、弄乱胡须，或啮咬坚硬的球果本体，而是先去除可能碍事的树枝和松针后（有时甚至也去除树枝的侧面，因为，就像熟练的伐木工，它会先预留足够的空间和范围），再用牙齿凿几下，整齐切断粗壮的果柄，松果就是它的了。当然，它可能会让球果落地，这时它会好奇地稍加俯看，仿佛那不是它的，但它或许是在暗记球果的落点，把它加到脑海里那一百颗成堆的球果之中，而那颗球果正因它那看似不在乎的样子而更是属于它的。当松鼠要打开球果，它会用双手抱住，这样一颗扎实、表面浮凸的球果极为坚硬，一被它的牙齿碰到就要发出声响；它或许会稍做停留，但不是因为不知如何开始，只是要听听风里的声音。它懂得不要试图咬掉尖端，一路往下对抗果鳞和尖刺构成的拒马。如果这世界曾有哪个时期的松鼠从错误的一端咬开球果，那肯定不是它们的黄金时期。它们懂得不要从有着许多装甲盾牌的侧面啮进四分之三英寸。然

而，它无须思考自己知道什么。听完风神的低语，它瞬间就把球果反转成底部朝上，从果鳞最少、刺最少，甚至无刺的地方开始，底部的果柄已被咬掉大部分，剩下的那一点并不碍事——球果被它从树枝咬下后，最脆弱的那一端就暴露而出。它接着啃咬果鳞细薄脆弱的基部，每下啃咬都会让一对种子露出来。它就这样轻松剥着球果，仿佛果鳞只是一层麸皮一样，而且剥得很快，边剥边转动，快得让你看不出它的剥法，除非你赶走它，前去检视它未完成的作品。当它丢下这颗，又会跑进松林再找一颗，直到雪地上堆满果鳞和这些形状有趣的果轴。

去年四月，我来到李氏断崖顶上，并在那里某片小北美油松林里的一棵小松树底下，发现了一大堆球果，显然是在去年冬天和秋天被红松鼠咬下、剥开的，当时它们就坐在上方一两英尺的几根残枝上享用。或许地上某个洞穴就是它们的住处。我光是在这棵树底下就数到两百三十九根果轴，而这些果轴大多堆在两英尺见方的范围内，底下积了一层果鳞，厚达一两英寸，直径有三四英尺——看来这些球果是由仅仅几只或一只松鼠所剥。它们把球果全部搬到这根残枝上来吃，为的是要靠近自家洞穴，以防危险。周围的松树底下也有许多这样的果轴。它们似乎吃光了那座松林的所有果实；但谁比它们更有权利吃呢？



红松鼠即是如此年年采收北美油松的球果。它们的身体很接近球果

的颜色，谁能如此巧妙地打开球果，即可享用其中一切？球果属于能够打开球果者，至于用以播种的种子，从松鼠餐桌落下的那一点点剩余，就足以满足大自然的需求。

这些就是北美油松林繁衍的主要方式。我很清楚许多棵北美油松的生长历程。

观察森林里的任何树木都令人感到愉快。别克史托沼泽东北方有片土地，好几年前我常去那里采黑莓，发现北美油松开始生长；而我从那时起便经常注意到那些北美油松长得多好，仿佛是由人工撒播那样均匀覆盖整片旷野。起初，那些年轻松树就像栅栏一样沿着小径两侧生长，长得很浓密，在这片宽广的世界里相互挤迫。十一年前，我首次发觉自己走在一片北美油松林，而非一片黑莓草原——或许再过不久，我将会在这片土地进行测量、划分，以便拍卖林木，然后看着伐木工在上头工作。我曾告诉自己，这些树木注定进到火车头的胃里；不过，幸好火车头最近改了饮食，而那些松树的分枝需经多年才能成熟，在樵夫看来有如废物。

还有贝克家后方那片北美油松平原，那里在我印象中原是空旷的草地，十年前成了一片稀疏的北美油松林，我从前在林中散步经常砍掉又长又宽的枝叶，悄悄穿过林木之间，既不会惊动焦躁的看门狗，也不为屋里人所见，但我能听见他们家里叮叮当当的声响，甚至偶尔还走近到能从树木之间瞥见整排光亮的牛奶锅。这些都是我们最宜人的树林，如此开阔而平坦——呈现半林半野的状态。在外围，林木相距较远、空间宽阔，使得松针在地上铺成一片地毯，这里一片、那里一片，其间长着强韧的野草、一枝黄花、金丝桃、黑莓藤蔓和年轻的松树；往内一点，则是蝇子草和拖鞋兰；再往内，就会看到一片片又干又厚的白苔藓，或是几乎裸露的土壤，被松针稍微覆盖着。未来的森林地被，就此展开。

我也不会忘了深峡谷地以东的那片浓密的北美油松林，那里在我印象里原是一片有鸽子栖息的开阔草原，我以前也常过去采黑莓。该地如今拥有本地最宜人的林间小径之一，我们称之为“鸫鸟小径”，因为黄褐森鸫会在正午时分在林荫下高歌。我已在好几处印象中原为草地的树林里，听到这种鸟鸣唱。当黄褐森鸫开始在新长成的松林里鸣唱，代表新的时代即将到来。

---

[1] 英尺，英美制长度单位，1英尺合0.3048米。

[2]英寸，英美制长度单位，1英寸合2.54厘米。

从树顶起飞的白松种子

至于白松，大家应该都看过它那镰刀状的未熟球果，成簇长在高大树木的顶部，让人难以接近。约莫九月中旬，这些球果转为棕色，在阳光与风里张开，而且，就像北美油松那样，孕育未来森林的种子离去，飞得又远又广。

那些我们用不着的果实多么不受注意啊！白松种子的成熟和传播多么乏人关注啊！每逢丰年的九月后半月，那些高大白松顶部的六到十英尺处，都因挂满了球果成了棕色，每颗球果都尖端朝下，并且张开了果鳞。那些球果即便是从六十竿外看去，依然十分壮观，这样一座森林值得花时间去从某个有利高度俯瞰——从那里可以看到，我们一般认为不会结果的白松如此多产的证据。我有时会前去白松林，只为了看看球果的收成，就像农人在十月里造访自家果园那样。

白松种子会在九月全数飘落，只有少数因被松脂粘住而留在球果里。白松的种子比北美油松至少多了一项优势，那就是它们大多长在高大树木的顶部，因此可以被风吹得更远。

白松结的种子远远少于北美油松，有人说北美油松虽然较难移植，但是因为结籽较多且种子于整个冬季会持续飘落，所以更可能传播出去并维持地盘。然而，请别忘了，白松的分布范围较广，因为白松不仅在开阔地长得好，而且要比北美油松更容易在森林中发芽。

然而，在一八五九年秋季，白松结出了异常丰盛的果实，我不仅在这个城镇，也在邻近整个地区，甚至远至伍斯顿都观察到这样的现象。我从半英里外，就能看到树上累累的棕色球果。

你常会看到一座已有三四十年历史的松林，在它的其中或旁边却矗立着一些更大、更老的松树，那是松林种子的来源。那些高高耸立的老松树，就像被孩子围绕着的父母，而它们的第三代也已现身在更远处。

虽然白松散播种子的季节较短，在某些方面显得不利，但它们种子被吹送的距离似乎并不会比北美油松短。我时常经过开阔地带某处潮湿而灌木丛生的草地，草地很快就被小白松占满，它们的种子至少是从五

六十竿外吹来的。小白松如今迅速散布于费尔黑文山的东北坡，即便距离最近且能结籽的松树，也位于过了河的三十到六十竿之外。同时，我注意到阿比尔·惠勒家外头那条弯路，有四分之一英里的长度穿越一片广大而开阔的土地，许多白松就靠着南侧围墙冒出，那些白松必定起自五十竿以东、由哈伯德家树林吹来的种子；而我也在镇上其他地方观察到相同情形。白松种子向前冲锋、挖掘壕沟，就像在苏联的塞瓦斯托波尔作战的法国士兵一样，不久之后，我们就会见到如羽毛般的松叶在那里摇曳着。

最后是一排大小不同、间或中断的白松，它们的种子在之前陆续被围墙挡下并受其保护；然而，我发现，种子就算再少，仍会像降雪一般飘落。的确，我确信本镇没有哪个地方会因距离能结籽的松树太远，而没有松树种子飘到那里生长。那些在偏远草地或围墙边冒出来的松树，让我们知道其间的大片土地若是无人耕作，将会有何发展——除了犁、锹和镰刀之外，没有任何东西能阻止白松在几年内长遍全村。它们起初长得很慢，但在长到四五英尺高以后，经常能在三年内增高七英尺。

多年来，天天走过这些路的那个人——就是地主本人——并未察觉那里长出任何松树，更不会想到那些松树的来源；然而，最终他的子孙发现自己拥有一片漂亮的白松林，而这些松树种子来源的母树林早已消失。

我们不需惊讶这样的结果，只要好好想想，大自然有多么坚持不懈，并为此花费多少的时间。但这并不意味着大自然的行动有多么的迅速或成功。一大片松林每年可以落下数百万枚种子，但只要有半打种子被传播到四分之一英里外，停在某处篱笆，其中又有一枚成长起来，那么经过十五到二十年，那里就会有十五到二十棵年轻的松树，开始崭露头角，荣耀它的出身。

大自然以这般随意的作风，最终造就一片森林，尽管它一副漫不经心的模样。它踩着看似细弱而隐微的步伐——就像地质形成那样——跨越了极远的距离，取得了极大成就。认为这些森林系“自然发生”的想法是种庸俗偏见，但科学知道，这些不是突发的新创造，而是依循既有法则的持续发展，它们是起自种子——源自仍持续不断的运作之中，即便我们或许并未意识到它的运作。

就连孩童都晓得“持续的小凿击可以弄倒大橡树”，发现这件事不需要太多学问，因为斧头的凿击声会让人注意到。我们可以轻易算出凿击

的次数，而附近所有人一听到巨大的坠落声，便知大树已被砍倒。然而，很少有人想到，是那种持续不断的小凿击，种出了大橡树或大松树。几乎没有哪个路过的人听见这些声音，或是转头去跟正在进行小凿击的大自然说话交流一下。

大自然的行事不会快过所需。如果它要生产一床水芹或红萝卜，动作便显得敏捷迅速，但如果是一片松树林或橡树林，我们看来像是缓慢或全然停滞，而它是如此从容而有把握。它知道种子除了繁衍后代还有许多其他用途。如果今年的每颗橡实全都毁坏了，或者松树都不结籽，请别担心，它来日方长。松树和橡树不需像豆类藤蔓那样，得年年结果。

然而，大自然在培育松林时，并非总是慢到让人觉察不到。大家都曾见过白松幼株多么迅速地在某处草地或林中空地冒出，有时候几乎快得难以形容。如此栽下的小森林不久便改变了地貌。去年你也许在那里看到几棵小树，但今年你就会发现一片森林。

在写于一七九三年的《马萨诸塞州历史文集》里，有段记述达克斯伯里镇的文字，其中提到："十二年前去世的奥尔登上尉，还记得本镇的第一株白松。如今镇上约莫八分之一的林地已布满这种松树。"鸽子、？及其他鸟类大量吞食白松种子，如果光是靠风还不够，我们也很容易看到鸽子如何在嗉囊里装满白松种子，再以比火车还快的速度飞到本郡的其他地方，当它们被猎杀后，便会在白松从未生长过的地方播下种子。

如果你是这辈子首次在这附近采集白松种子，那你可能得为即将采到的每一颗种子感谢红松鼠的辛劳。如我所说，白松种子成熟于九月，此时球果张开，而种子也很快被吹走；然而，球果却是整个冬天都会紧紧挂在树上，偶尔才会在强风中落下。如果你等待某颗球果碰巧如此落地，必定会发现里头已经空了。我敢大胆地说，本镇的白松球果（其实几乎所有落地的白松球果都是这样）若是在尚未张开并散失种子前就已落地的，都是被松鼠咬下的；而且它们在球果还非常青涩时就开始摘采，要是结果的数量不多——情况经常如此——它们就会在球果完熟之前咬下几乎每一颗。此外，我认为，它们之所以趁着球果未熟就先咬下，在某种程度上是为了防止球果张开而失去种子，因为这些球果就是它们冬天从雪地掘取的那些存货，也是那时仅存的仍有种子的白松球果。松鼠咬下这些球果后，似乎很快就会把球果搬走——趁新鲜搬进地洞里。【fen享v信boo ker113】

虽然松树种子通常在超过一两年后，繁殖力就已不可指望，但劳登在其著作中提到，“大多种类的种子若是留在球果里，生长力将能保存数年”。这些少数留在球果里的种子，让松鼠在为自己储存食物的同时，偶尔仍可种下一棵松树，这也能解释为何在多年没有种子落下的地方，会突然冒出一棵松树——我就经常看到白松球果被搬到好一段距离之外。如果你在九月下旬穿越一片白松林，你就会发现地面散落着以那种方式落下的绿色球果，而留在树上的球果则全是张开的。在某些松林里，几乎每颗毬果都会落到地上。

在八月和九月初，松鼠极其忙碌地在每片白松林咬下球果，因为它们深知白松的天性。或许它们也会分开存放种子，因为到了九月中旬，那些留在地上的球果大多被它们剥过了，它们也是从基部开始剥，就像处理北美油松球果那样。然而，许多较晚被咬下的球果就在地上自行张开，种子散落一地。

初次采集白松种子的那一年，我就像还没张开的球果一样青涩，拖了太久才去。来年，我所获得的每颗种子都是松鼠帮我收集的，然而，这些种子有许多都还未成熟。到了第三年，我试着跟松鼠竞争，自己及早爬到树上。我的经验是这样的：

一八五七年九月九日

我到森林去采白松球果。没几棵树结了球果，而且都在树顶。我能轻易应付十五到二十英尺高的小树，先爬上去，再用左手抓住主干，并将右手伸往有如腌黄瓜似的未熟球果。但当我摘下球果，自己却惹上麻烦。这些球果现在都流着松脂，我一下就沾得满手都是，松脂紧紧粘着我的手指，让我不太容易把战利品往下丢。最后，当我终于回到地面捡起球果，我不能用手掌触碰篮子，只能用手臂抱着，也无法捡起先前脱下的外套，只能用牙齿叼起来，或者用脚把外套踢起来，再用手臂接着。我就这样一棵接着一棵树去采，偶尔在小溪或泥坑里搓揉双手，希望可能找到某种像油脂那样的东西去除松脂，却徒劳无功。这是我做过最棘手的事，但我黏上了这件事。我不晓得松鼠在啮球果、啃果鳞时，如何保持爪子和胡须的清洁。它们一定是有某种我们不知道的对付松脂的秘方，因为它们可以触碰球果而不会被弄脏。我愿意用任何东西去换取这个秘方！要是我能雇用某个松鼠家族去帮我咬下球果，那我得采得多快啊！不然，我就得有一把八十英尺长的大剪刀，还有一台能让我使用这把大剪刀的起重机。

最终，经过两三个下午，我带了一蒲式耳[1]球果回家，但我还没拿出种子。那些种子比藏在充满刺的壳里的栗子受到更严密的保护。我必须等到它们自行张开，然后才让自己再沾上一手松脂。

这些放在我房里的未熟球果，带有一股强烈的酒味，有点像朗姆酒，或是装着糖蜜的大桶，也许会有某些人喜欢。

简言之，我发现这档子事根本无利可图，因为通常松树结出的球果，只够供应松鼠所需。

---

[1]蒲式耳，英美计量容量的单位，1美蒲式耳等于35.24升。

铁杉与落叶松的松子大餐

铁杉和落叶松的种子会在整个冬季接连落下，并像北美油松种子那样散播。许多铁杉的种子也漂浮在其枝叶所悬垂的河面上，因而可以轻易判断铁杉种子何时开始飘落。

就我目前观察所见，如果球果在某年结了很多的种子，来年就会结得较少或是不结籽。一八五九年，白松、铁杉和落叶松都结籽丰盛，因此以其种子为食的北方鸟类（像白腰朱顶雀、金翅雀等）都多了起来，而在次年春天，我甚至生平头一次在此看到交嘴雀。的确，我想我能从这些鸟出现在林中的数量，来判断这些树和桦树结籽的多寡。然而，在一八六〇年，我却未见到任何一颗新鲜的铁杉或落叶松球果，也不确定是否看见成熟的白松球果——那年冬天，我也就没有看到上述任何一只鸟。



在一八五九至一八六〇年间的冬天里，我看到大批小朱顶雀正在啄食铁杉种子——铁杉的树形为圆锥形，锥顶的种子最为丰盛，围满了鸟儿。位处阿萨伯特河沿岸的铁杉，树底下的冰雪上散落着许多被风和鸟儿弄散了的球果、果鳞和种子——好几竿的范围内都成了一片黑——这是白腰朱顶雀、山雀和松鼠的杰作，它们全是被种子吸引过来的。充足的冬粮已在此为它们备妥。每当新雪降下、覆盖旧的一层，又会落下一批新的补给，在洁白的雪地上更是显眼。这情况在整个冬季里，会一再发生。

某天我站在那里的时候，来了一小群山雀，像往常一样被我吸引，它们大胆地停在离我很近的地方；然后，飞落到冰雪上，捡拾周围的铁杉种子，偶尔带着一个飞上枝头，踩在脚下连敲几下，想要去除种子上的翅膀或外壳。我看见同一批鸟儿俯冲飞向种子已经脱落的北美油松种子翅膀，随即失望地飞起来，我可以肯定，它们除了吃铁杉种子，也吃北美油松种子。

有位老猎人跟我提过，三月时，会有大批鸽子停驻于铁杉树顶，他认为它们是在享用铁杉种子。

接下来的四月，我看到交嘴雀上上下下地忙着在那些铁杉上啄食——这是我头一次看到活生生的交嘴雀。

同年冬天，我看到一群群白腰朱顶雀从落叶松球果里啄取种子。它们栖身在挂满球果的细枝，摇摇晃晃地不停啄着球果，一下试试这颗，一下试试那颗，时而迅速挑出种子吞下。就这样，它们协助传播了种子。

我看到年轻的铁杉和落叶松在适合它们的土壤里冒出，它们的种子被风吹到了这里，就像松树的种子那样，只是它们鲜少引起我注意，因为这两种树在这附近的数量较稀少。有一天我在草地上看到许多小落叶松，种子的来源显然是十二竿外、过了马路的那群大树。



云杉球果要到春天才会张开，然而，我在十一月里就看到松鼠将球果扯下，就像它们扯下松果那样。

如威尔森等人所言，以松子为食的鸟类包括有两种交嘴雀（它们的鸟喙形状特别适于打开球果），以及红胸？、紫红朱雀、美洲旋木雀、山雀、松金翅雀、黄腹松林莺——而我会再加上小朱顶雀和鸽子。

蝴蝶般的桦树种子

本州岛常见的四种桦树，都能结出大量的带翅种子。到了十月中旬，有些黄桦长满粗短的棕色果实，数量几乎和叶子一样多，使得树木在天空的衬托之下，显得一片阴暗。

桦树种子会从十月开始，持续飘落整个冬天，本地的所有桦树都是这样。其中最常见的是小白桦，其果实是悬垂的圆柱状，每个圆柱包含许多覆瓦状的鳞片，每片果鳞底下有三枚带翅种子。值得注意的是，桦树与松柏是不同类的树，但桦树果实看起来很像松柏的果实，因此桦树果实也常被称为球果状果实。我发现，北美油松球果的果鳞总是排列成十三道螺旋，而白桦果实的果鳞也是这样——你只要数一数果鳞中间裂片尖端所连成的那道细线就能印证。或许我们需要花点时间探究，为何大自然喜欢十三这个数字。





漂浮在池塘上的白桦种子



梭罗手绘的白桦种子

所有种类的桦树果实，果鳞皆为三裂片状，很像矛头或百合花饰，但白桦的果鳞尤为有趣，形状恰似展翅的大鸟，特别像是飞越田野的老鹰。每当我看见脚下的白桦果鳞时，我总会这样觉得。

这些果鳞容易飘飞，也常被误认为种子，然而，它们底下所覆盖着的种子，其实更像鸟儿，能被风吹送得更远。的确，桦树种子很容易被风从果鳞上吹落，它们的体积小得多，带着一种更鲜明的棕色，两侧各有一片宽宽的透明果翅，前方还有两根小小的暗褐色尖突，就像一只长着触角的昆虫，很容易被看成小小的棕色蝴蝶。

在白桦果实完全成熟、干燥之后，果鳞和种子一经风吹或受到摇动，就会像谷壳或麸皮那样一起散落，通常是从果实基部开始逐渐掉落，延续一整个冬季，最后留下裸露而有如棉线一般的果轴。因此，不同于松树，桦树的整颗果实到最后会失去原本聚合的部分而解体。

白桦的圆柱状果实，每个长约一英寸、宽四分之一英寸，包含大约一千粒种子，若每隔七英尺种下一粒种子，那足以种满一英亩[1]地。毫无疑问，一棵桦树本身所含的种子，就足以种遍康科德所有弃耕地好几回。按此比例，你能用一个三英寸立方的盒子，带回一千英亩地所需的种子。

白桦种子既小又轻如麸皮，无风时，非得经过几番旋转，才会落地；一旦起风，则像尘埃一般随风飘扬，就像被印第安人称作“看不见的虫”的那种小虫子一样，立刻从你眼前消失。

有些种子稍受晃动就会落下，有些则是留在树梢，一直晃到春天最后一阵强风来临。在突来的强风里，这些种子，甚至还有那些重得多的种子，即便飞不过高山，还是会被吹过最高的山丘。这种特别盛行于秋春两季的强风，很显然对于植物的散播很有帮助。康多尔引述洪堡德的话说，布尔森戈见过种子飞升五千四百英尺，然后落在附近（显然是在阿尔卑斯山区）。我想，在冬天或春天的多风天气里，我在本郡的任何地方设置罗网，都能拦住一些飘在空中的白桦种子。

这些白桦种子，显然是大自然的北方“谷粒”之一，大自然连同降雪将它们撒播在雪地上——就像人类偶尔撒播某些种子一样。初雪一降，

我就看见这些漂亮的褐色鸟状果鳞和带翅种子，被吹进许多表面结冰的洼地里。的确，新英格兰地区在我们这一带，全都撒满这些种子，几乎遍及所有树林和许多的田野，仿佛是以筛子均匀地筛落下来的；而每次降雪后，又会再覆上另一层种子，为鸟儿提供新鲜、易得的食物。你很难在本郡找到一大片完全没有这些种子的林地，这些“谷粒”散播好几百英里，遍布博克斯波鲁、剑桥等地——它们就在所有行人的脚下，却很少有人认出它们来。

如果有人确实地分析新英格兰地区的雪地，可能会发现里头有一定比例的白桦种子。每当桦树被折弯、摇动，或被行驶在林间小径的雪橇撞倒，你往往会看到雪地因为撒落的桦树果实而成了褐色，即使从远处看也很显眼。

桦树种子也能像松子那样，被风远远地吹过雪地。一八五六年三月二日，我沿着河岸往上游走——途经普里察德先生的土地，那里的河岸和毗连的田野上，树木很少——惊见河面积雪上有许多桦树的果鳞和种子，那些积雪降下不久，而当时也没什么风。积雪上，每一平方英尺就有一颗种子或一片果鳞；然而，最近的桦树是三十竿外，沿着墙边生长的那一排十五棵的树。我离开河边，走向这些桦树，地上的种子越来越厚，到了距离桦树六竿的地方，雪地已变了颜色；而在另一侧，亦即桦树的东边，却一颗种子也没有。这些掉落的种子，看来还不到桦树所结的四分之一。回到河边后，我看到有些种子远远落在四十竿外，或许，在更顺风的方向，我会看到它们落在更远的地方；因为，一如往常，引我注意的主要是果鳞，而那些不易察觉的微小带翅种子，可能已自果鳞脱落。由此可见，大自然是多么勤劳不倦地传播它的种子。即便在春天，大自然也准备了桦树种子——对了，还有赤杨和松树的种子。那些被吹送到远方的种子，有很多停落在河边洼地，当河面的冰消融后，它们就会被水流送往远方的河岸和草地。因为，正如我经由实验发现的，虽然果鳞很快就会沉入水里，但种子能漂流数日。

我注意到，在草地旁河水涨涨落落的缓坡上，桦树往往并排生长，看来原先的种子是被河水的溢流留在那里，或掉进平行的积雪凹陷处。

去年夏天，我发现长在某座湖泊（面积约为六十英亩）一侧的那些黑桦树，所结的种子已经漂至其他岸边，并在高水位线的地方，发芽生长起来。





显然，那些落在湖泊表面的种子，无论是借由风力或其他媒介带来，只要没有沉没，就会漂到岸边，聚在一个小区域内——如果种子能适应那个环境，最终就能从该处陆地扩展。我相信，要是在我们的树林里挖出一个这样的湖泊，那么柳树、桦树、赤杨和槭树等树，很快就会以同样或类似的途径在水岸四周生长起来，即便这附近之前从未有过这些树。

康多尔说，杜罗举了一例，显示芥菜和桦树的种子浸于淡水二十年后，仍保有生命力。

你常会看到旧时林中小径的凹沟处，长出茂密笔直的白桦，原先的种子应是被吹到凹沟里并连绵成一长条的积雪沟。

桦树种子就这样，如微粒或沙尘般地撒播各地，大多数人都没认出

它们是种子，这让人想到那些更细微的种子，例如菌类的孢子，如何散布于空气之中——也让我们了解了那个事实。

难怪白桦在本地分布如此广泛，并成为特色树种，桦树苗年年在这么多不受注意的地方冒出，尤其是在经过清理或焚烧的地面。

有一天，我注意到有一株一英尺高的小白桦长在我家门前大街的排水沟，这株白桦在那里就像长在波士顿州街上一样奇怪。原先的种子也许是被强风刮来，或是从某位伐木工的手推车上被吹走。由此可见，要是这座村庄被废弃，森林必定很快就会再度繁茂。

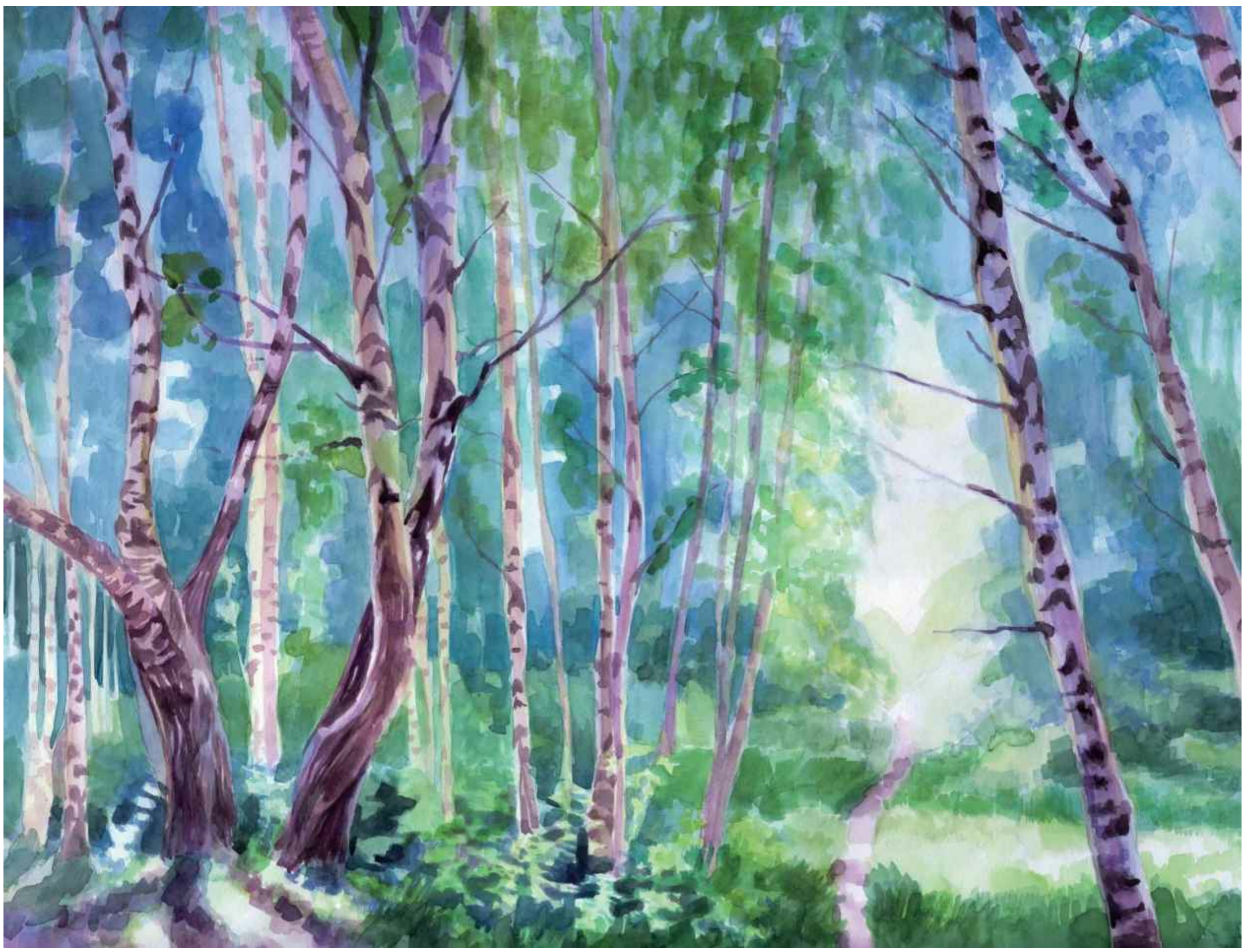
然而，劳登在《英国的乔木与灌木》提到，小白桦“鲜少群聚生长；而每棵树木也隔着相当间距”。这在本地并不成立。由于白桦种子在此几乎传遍各地，加上土壤适宜，因此白桦不但在开阔地形成特别密集且种类单一的密林，而且也广泛分布于松林和橡树林里。因此，在这一带，人们常会砍除开始衰败的桦树，留下能活得较久、成熟程度仅达四分之一或一半的桦树，但它们所形成的桦树林，依然非常茂密。桦树种子要是落在水面，就会漂到岸边伺机成长，不过这些种子也常被周围的积水扼杀。

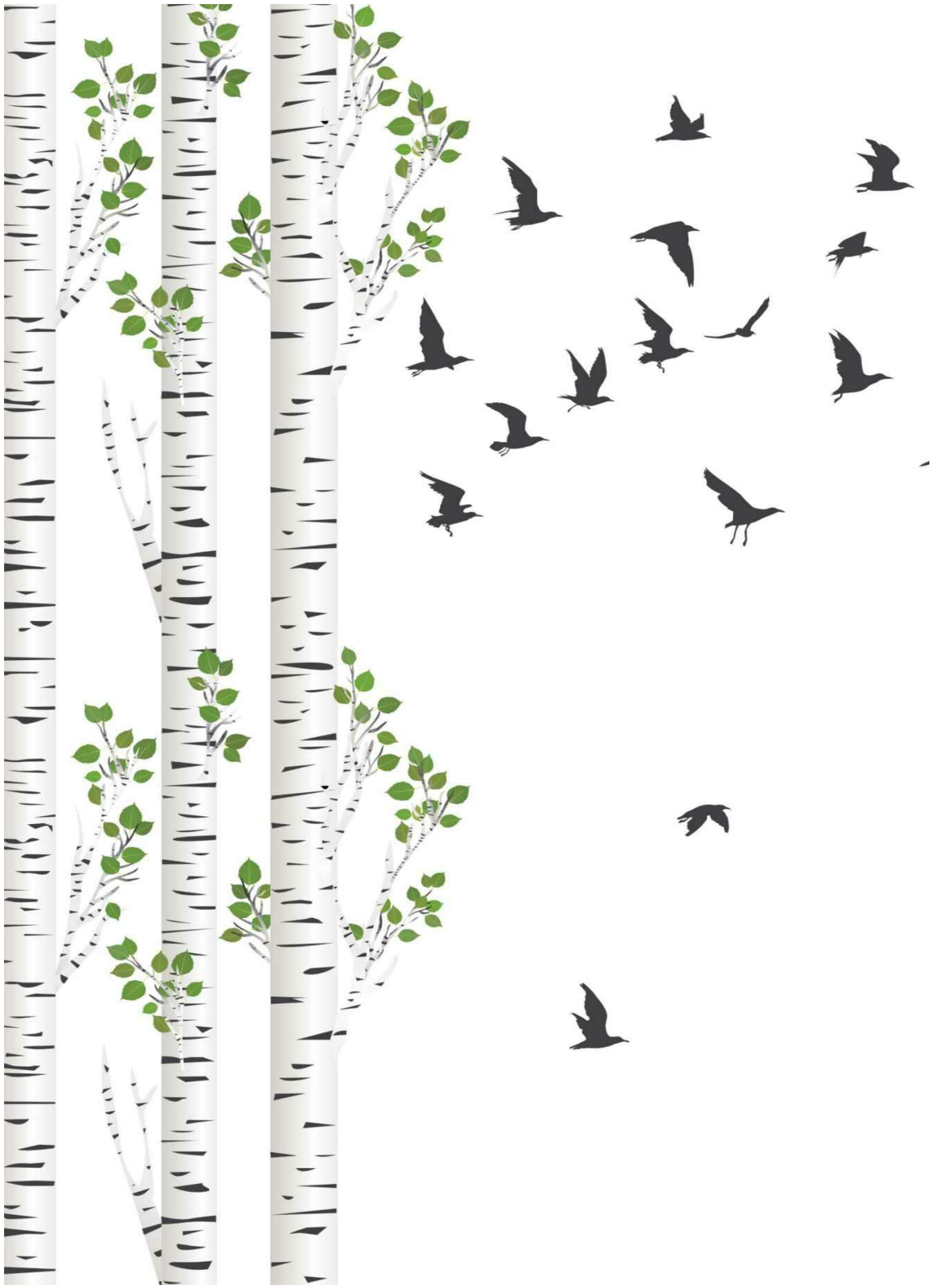
根据一般观察，在缅因州和北部其他地方，每当一片常绿树林被烧掉，最先且最常冒出的树种之一，就是纸皮桦，而且它们就像变魔术一样，会在据说不曾出现过该树种的地方形成茂密而广阔的森林。然而，大家都忘了或不晓得的是，桦树种子既繁多又轻飘，而且在各处的森林中，几乎都有桦树的踪迹。过去十五年里，我曾在缅因州各个野地生火上百次，那些地方彼此相距甚远，我却不记得有哪一次在附近找不到桦树皮来点火。桦树皮是很常用的点火材料。

布洛杰特在其《气候学》中说道：“桦树在北极圈的森林里很多，往南直到北纬四十一度的林地里都很常见，无论平地或高山皆然。”这种情形似乎亦可见于欧洲和亚洲的北部。

劳登谈到欧洲的白桦，他说，“据帕拉斯所述，桦树是俄罗斯帝国全境最常见的树种，可见于波罗的海到东部海洋之间的每处树林”。劳登也从一位法国作者那里读到，“在普鲁士，到处都种着桦树，该树种被认为能保障燃料不虞匮乏，并能确保森林的兴盛，因为它们能将种子传遍每处空地”。

我们很容易取得白桦幼苗来移植。这些幼苗是最早抽叶的灌木之一，因此很容易发现。一八五九年春天，有次散步时，我遇见一大片前一年的白桦幼苗，就长在某个旧麦田旁的草地上。我知道某位邻人想要一些桦树，于是我拔下了一百株幼苗想要给他，然后，我走到下一处沼泽，用那里的苔藓捆绑那些幼苗。我后来遇到那位邻人，就将那一百株白桦幼苗交给他移植。其实，我大可在一两小时内采收一千株幼苗，但我建议先让幼苗生长两三年后再移植，届时它们会比较耐旱。一八六一年八月，我发现那些幼苗有六十株存活下来，长到一到五英尺高。





由于桦树经常出现在开阔地和土壤贫瘠处，因此某些地方的人将它们称作“废耕地的桦树”。

我经常看到在一大片荒废土地上，经过一两年，就会冒出一片茂密的年轻桦树林，它们的枝条将土地抹红了。但让我惊讶的是，地主似乎未曾注意过这份恩赐，经常决定把那片土地再度清空，以再收一茬黑麦，然后便休耕了——从而毁了这么一片两岁大的桦树林。这座树林令我忍不住关心，地主却对其一无所知。砍掉这些小树后，他如今或许得等上二十年才能看到一片森林形成；反之，要是他任其自然发展，就能在三分之二的时间内，获得一座可观且能供采伐的漂亮桦树林。在一八四五年或一八四六年，我在树林里拔了一株约两英尺半高的白桦，并将其带回家，亲手种在院子里。经过十年，这棵树已经要比大多数同龄的桦树大得多，目前在离地一英尺处的树干周长为□□英寸。

如果风力不足，就得依靠各种鸟儿来传播种子——它们食用桦树种子，并摇落了比它们所吃数量多十倍以上的种子。当桦树所结的种子数量到达巅峰时，一大群一大群的小朱顶雀便自北方地区南下取食，成为我们这里最常见的冬候鸟。它们飞落在桦树上，摇动和撕扯球果，然后聚集在树下的雪地，忙碌地在矮林里啄食种子。虽然一座树林里可能只有几棵白桦或黑桦，但这些鸟儿能从远处就认出桦树的树梢。当我听见它们鸣唱，就会环顾四周，去找找桦树，通常都能在树梢发现它们。穆迪说：“某只鸟儿在山涧上方啄食垂枝桦的细长枝条，这景象真美。”这些枝条往往有二十英尺长，并不比打包绳粗。在这些枝条的末端，有时可见鸟儿有如钟摆般前后摇摆，虽忙于取食，却不曾失足。

我也看到过和小朱顶雀很相像的金翅雀，以同样方式啄食桦树种子。

然而，即便不提树上的果实，我们也能看见在树下的雪地，已为鸟儿摆设了丰盛的筵席，持续款待鸟儿整个冬天，而且全国各地都有。

---

[1] 英亩，英制面积单位，1英亩合4046.856平方米。

无翅也能飞的赤杨种子

赤杨为桦树近亲，而赤杨种子也以类似的方式传播，不过种子没有翅膀。赤杨种子也会在整个冬季持续飘落，撒满树丛和周围的雪地，赤杨种子的形状扁平而边缘薄——不过要比桦树种子大且重——能被吹上好一段距离。当然，赤杨种子不需带翅，是因为赤杨长在溪流边上或湿地里，种子能随着水漂流；反观桦树虽然分布范围广，却大多长于干燥土壤，常见于干旱山丘的顶端。这可以解释为何新英格兰北部山区的山赤杨拥有带翅的种子，那显然是要让种子能从某座深谷传到另一座，并能到达更高的地方。

灰赤杨种子起初会漂浮，但后来会沉到水底。我看到这些种子落定，在春天雪融之后随即漂走，并被冲至岸边积成一堆堆，那里通常就是灰赤杨占地生长的地方。因此，农人经常看到灰赤杨在自家草地呈一条直线冒了出来，正好长在某条高水位线。河水高涨时，这些种子也会漂进浅湾，最终在那里形成一座赤杨林，法国人称之为aulnage，这个方便的词汇在英语里没有对应词。

食用桦树种子的鸟类也吃赤杨种子。每当我沿着结冰且积雪的河流往上走，经常看见整群小朱顶雀在河边食用赤杨种子，它们从球果里取出种子，就像取出铁杉和落叶松种子那样，经常以头下脚上的姿势倒挂在树上吃。而我也见过它们在树下跑动，捡取或许是由它们摇落的种子，踏出两条蜿蜒而似链状的并行线。

我甚至看过松鼠食用赤杨种子，它们就像处理松果那般剥开赤杨果实，这表明松鼠或许也会吃更好对付的桦树种子。



鸟儿在雪地上的脚印



梭罗手绘鸟儿在雪地跑动的足迹，形成链状并行线

有如昆虫薄翅的枫树种子

枫树种子是另一种可由风力、水力及动物传播的种子。所有新英格兰地区的人都认得红枫那种漂亮的鲜红果实，在河上泛舟的人则会于六月一日左右看到银白枫的大型翅果在河面漂流。这种翅果长近两英寸、宽近半英寸，翅膀内的翅脉伸展直到边缘，让它看起来有如一只绿色的蛾，准备载着种子起飞。我注意到这些种子飘落的时节，大约与罗宾蛾破蛹羽化同时，我偶尔会在早晨发现它们坠落在布满枫树种子的河面。至于糖枫种子，要到秋天首次严霜来临时才会成熟，那通常是在十月份，许多种子会坚守到冬天才落下。

杰勒德早先关于欧洲某种枫树的记述，足以适用在所有枫树身上。他在描述枫树花朵后说：“开花之后，接着生出两两相连的修长果实，一个果实跟另一个果实彼此相对，果仁在两个果实相连处形成凸起；其余部分则是又平又薄，有如羊皮纸，或是蚱蜢的内翅。”由于枫树的果翅具有明显脉络纹理，因此要比松子的翅更像真正的翅膀。

所有枫树皆由貌似昆虫翅膀的薄膜包着种子，而种子则在薄膜基部内发育。即便种子发育不全，这片薄膜往往还是长得很好——你会说，比起要被传播的种子，大自然似乎更认真地准备传播种子的工具。枫树的翅果就像是在种子外头编织一个漂亮的薄布袋，并附上把手让风抓住，然后把种子托付给风，就这样把种子传送出去，扩展枫树的领域；这就像是让专利局以特殊的包裹来邮寄种子一样有效。宇宙政府设有专利局，里头那些管理者传播种子的热忱，就像华盛顿的任何人员一样，但它们的运作更广大且规律得多。

值得注意的是，银白枫于河岸和岸边林泽极为常见，因而被某些人称作河枫。这种树在本镇的分布极为有限，据我观察，它只会长在阿萨伯特河岸边，还有康科德河主流在阿萨伯特河河口以下部分的岸边，成为这些地方的特有树种；然而，康科德河在阿萨伯特河河口以上大约十英里的河岸都没有银白枫，不过在更往上去的萨德伯里再次出现。毫无疑问，银白枫在阿萨伯特河流经的地方较为普遍，而其种子可能就此沿河而下。大部分其他树种，甚至包括红枫在内，要是立于水边，至少都会显得有些退却或保留，好像担心被弄湿一样；然而，银白枫显然天生要跟黑柳一起立足河岸，将树枝垂曳在河面，作为河流的一项特殊装

饰。或许，银白枫的大型种子在传播上，借助水力要多于风力。

红枫在任何低地几乎都能形成茂密枫林，被称作“枫泽”，而红枫也会散布在其他树林里，在低地和高地都有，只是在高地的长势较差。

约莫五月中旬，林泽边缘那些果实将熟的红枫，正是大地的一大美景，尤其是在适宜的阳光里观赏。那些翅果色彩鲜明，常为绯红色，悬于果梗末端，果梗长约三英寸，颜色较翅果略深。这些阳光中的双翅果，果梗先是优雅地向外拱起，然后才下垂，方便果实向外散播并给予足够空间。它们不均匀地分布在树枝上，在风中颤动着，经常被吹得纠结在一起。如同唐棣的花朵，这种漂亮的果实大多见于光秃秃的树枝上，这时无论是枫树还是其他树的叶子都还没出现呢。

六月初，堤道撒满枫树种子，大概经过一个月，我很惊讶地看见沿着河边长出一丛丛茂密的枫树苗，高度在一英寸以上，全是由这一年的种子在水边的沙里发出，它们漂到那里并获得所需的水分，尤其是在出现涡流的河湾岸边，无论为沙质或泥质，都会冒出幼苗。

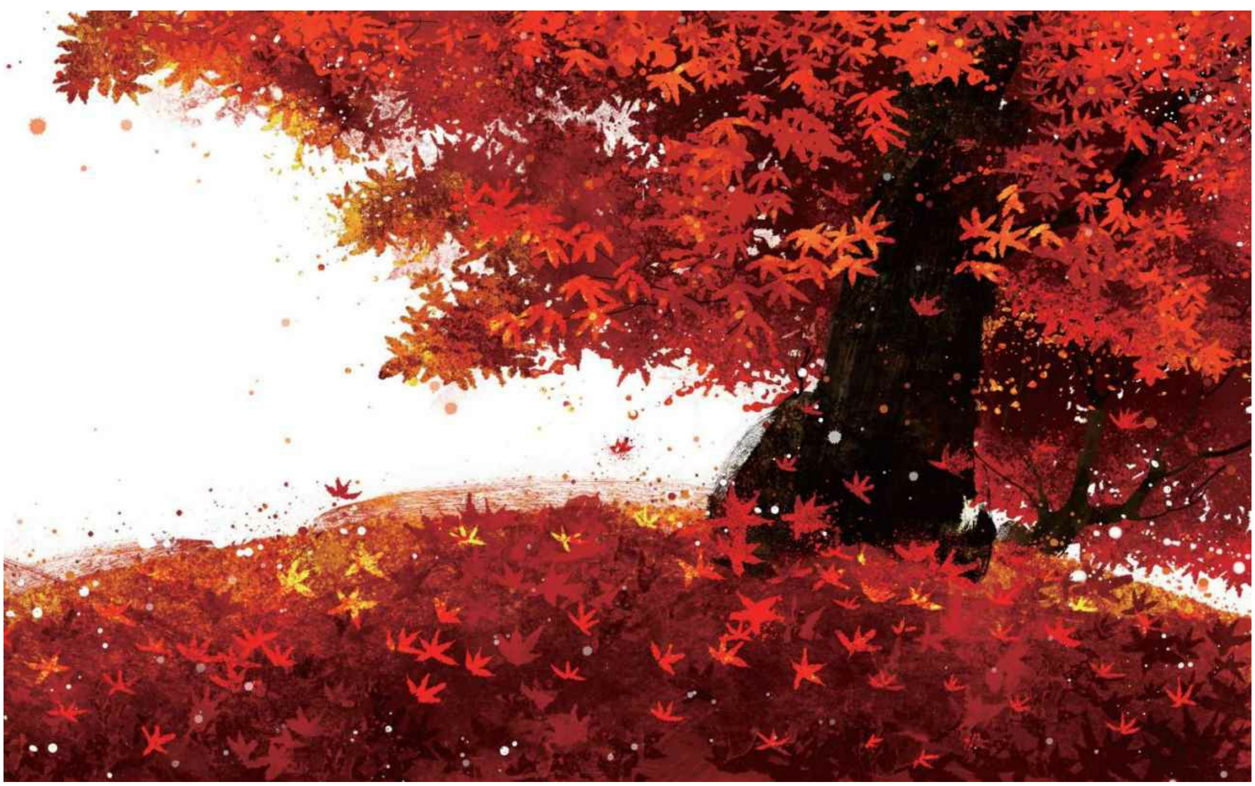
如果你在仲夏时分细看一座茂密的红枫林泽，通常会见到许多幼苗——但只有在最好的区域，譬如水苔地上，水苔地不但隐护红枫种子，同时也提供必需的水分。那些幼苗已深深扎根，而现已无用的种子，连同消瘦的脆弱果翅，空置一旁，不再连着幼苗，仿佛毫不相关——它们如此迅速地完成了任务。

去年九月，我在一片马铃薯田看到许多红枫幼苗，显然是在那年前一次翻地或耕作过后冒出的。那些幼苗颇为茂密，从一棵小树——那是附近唯一的红枫——往西北方延伸多达十一竿，占据一片卵形或锥形的空间，这正是种子飘落的范围。显然，那些种子是因为该地在那年经过耕作才能生长。在前年之前的好多年里，那里一直都是牧草地，没有人察觉曾有枫树种子落在上头。显然，那块地保持牧草地的状态，连年长满青草，虽然旁边就有一些红枫，但其种子都未在此生根；然而，最终这块地经过犁翻，那年落在上头的种子就得以萌芽；如果这块地碰巧没有再被犁翻，而牛群也被挡在外面，那么你就会看到一座枫林。其他种子较轻的树种的萌发，也是如此。

糖枫虽被说是美国最常见的树种，但我在本镇仅一处地方发现过糖枫生长。糖枫主要长在高地（丘陵或高山），由于种子很晚才落下，因此我猜想其传播多少受助于降雪。

动物或许也和枫树种子的传播有关。劳登建议要在春季种下枫树种子，而不要在秋季，以免遭鼹鼠吞食。

一八五八年五月十三日，我乘船停在康科德河一处风平浪静、阳光充足的河湾，就在阿萨伯特河河口以上，我看见有只红松鼠偷偷溜上一棵红枫，像是在找鸟巢，不过，多数鸟类这时尚未筑巢，我想看看它到底是为何而来。它爬到细枝末端，压得细枝弯下，接着探出颈，咬下成簇的果实，有时还用脚爪将整簇果实扳弯过来，然后后退一些，蹲坐在树枝上，用脚爪将那些半熟翅果大量塞进嘴里，仿佛那是甜美的果实。一串又一串果实被它扯下、吃掉，也掉落许多在地上，满树的红果围绕着它，它享用着一场说不上奢华却丰富的宴席。当我坐望太阳，阳光透过高高栖身于细枝的松鼠射向我，把红色的翅果照得发光而透明，仿佛来自仙境的果子，这是令人喜悦的景象。我想到，松鼠能享用的食物真是丰富多样。最后，当风突然转强，摇动松鼠脚下的树枝，它便迅速跑下十余英尺。



这多少能说明，为何枫树种子在落下后便很快消失。仲夏时节，你若来到一大片枫树林泽，你会惊讶地发现，六周前被种子染得通红的枫树林泽，现在只剩下极少的种子，其中有些或许已经空了。虽然种子的

数量很多，但你通常不会看见它们长成等量的茂密小树林，因为只有很少数的种子，掉进苔藓和树叶的缝隙里，因而逃过被动物吃掉的命运。

水边的榆树和梣树翅果

最晚到五月十日，在榆树的叶芽尚未展开之前，满树的翅果却已让榆树具有一种枝繁叶茂的模样，或者像是长满了小小的蛇麻花一样。过了一两天，尤其是在夜里下雨过后，你会看到榆树种子多已落地或正持续落下。这些种子不但撒满街道和水洼，还在河面形成一片片的绿，然后顺流而下，漂上草地，播种在其他河岸上，这些树因此常可在河道边上见到。榆树应是本地乔木和灌木之中最早结籽的。

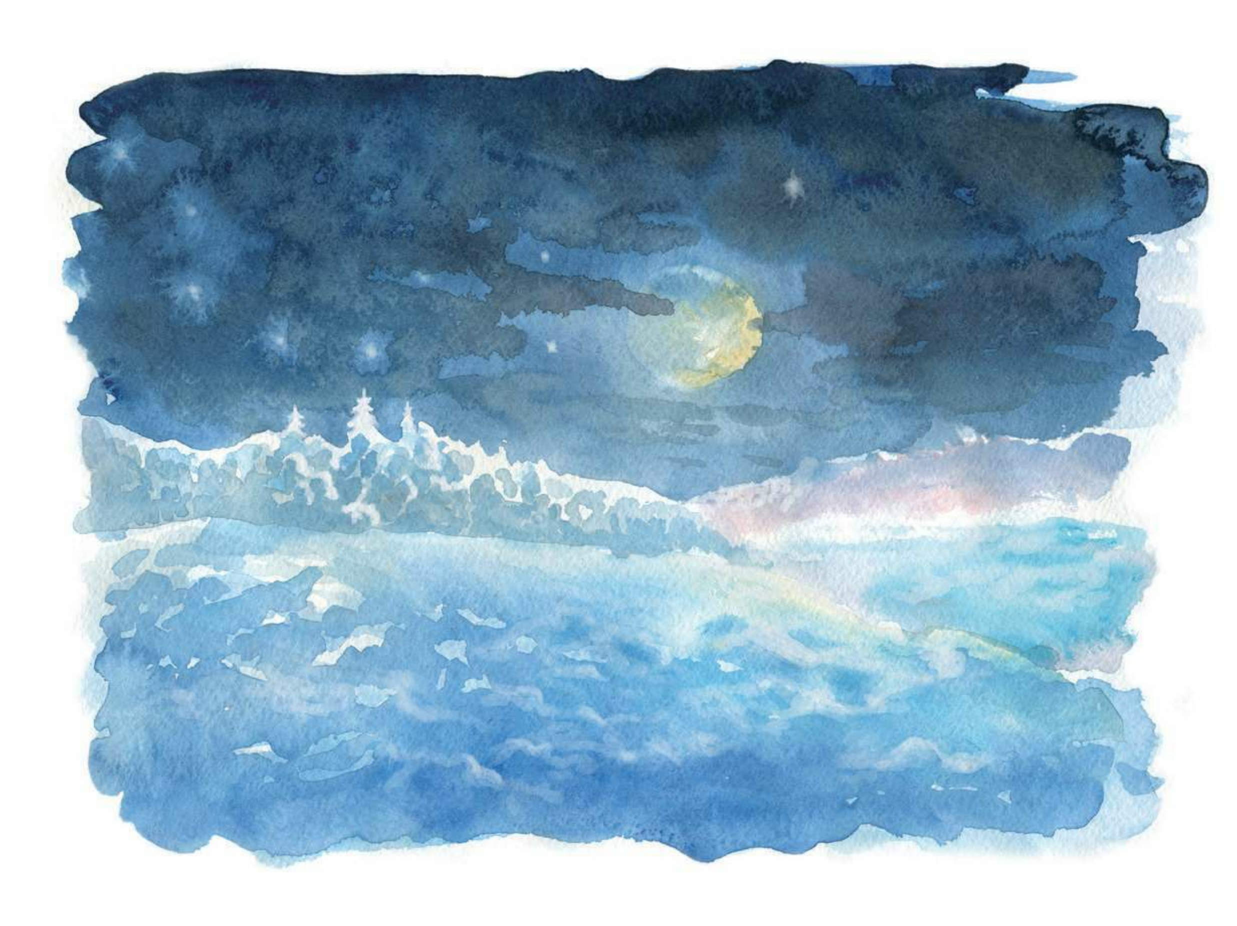
所有园丁都晓得，要保持园子边缘不长出小榆树是件麻烦事。当榆树种子撞上围篱，就会有太多榆树就在某个荒废园子冒出，矗立在屋子前。就连鸟儿也会追寻榆树种子，帮它们传播。卡姆曾于百年前游历美国，并在游记里谈及，他在尚普兰湖附近的时候，其中一位同伴开枪打下为数颇多的鸽子，“而且给了我们一些，我们在其体内发现大量榆树种子，这清楚表明上天为其供应食物的用心。因为在五月份，此地盛产的红枫种子正好成熟掉落，在那段时间为鸽子食用；其后，榆树种子成熟，又成了它们的食物，接着还有其他种子为它们而成熟”。然而，据我观察，榆树种子要比红枫种子先成熟。我见过玫胸白翅岭雀食用榆树种子。

美国白蜡树（白梣树）也是如此，其刀状翅果据说往往留在树上过冬，并以类似榆树和枫树的方式来传播，它们的种子在围墙边或某个角落被拦下并得到保护，就能萌发生长；此外，种子也会在河里漂流，并在河岸周围成长。

非常喜爱水边环境的黑梣树，其种子的传送更是有赖于水力。

我经常在我们的河边草地看到包含枫树、榆树、梣树和各种灌木混杂的一处小树丛，围着一块岩石，枝叶经常遮掩了那块岩石；或者有时候，在较为坚实的河岸，有两三棵榆树紧紧围着一块裸露的石头，并在春天的水面上昂首而立，仿佛是在保护它，不让它被冲走。我起初在想，这石头是如何漂到树木之间的。其实，那些榆树的生长开端和存续，都要归功于那块石头。它先是留住漂流的种子，接着保护幼苗，而今则维护着榆树立足的土壤。

于是，很久以前落在草地的一块大石，最终造就了一片树丛，藏匿在受益于它的那些树木之间。



第二章
因风而起的毛絮种子

风中的棉絮

五、六月份的天空，飘满了柳树和杨树的带毛种子，水面上，也形成了厚厚一层浮渣。柳树和杨树的花为雌雄异株，雄花和雌花多半长在不同的植株上。那些长在本地堤道上的外来白柳，碰巧多为雄株。雌性的柳树，当果实成熟爆开，你能凭着一片灰白，轻易地从远处认出。据说垂柳的雄株从未引进美国，我们只拥有这种树的一半，因此在这里找不到完美的种子。此外，那些常见于本地河岸的原生柳树，我只看到两性中的其中一性，至于我们的美国白杨，大多数都是雌株。

柳树雌花序长约一英寸，貌似绿色毛虫，在黄色的雄花序掉落或枯萎之后，雌花序开始快速发育果实。一串雌花序会发育出二十五到一百个小果实，这些果实略呈卵形且状似鸟喙，里头紧紧塞满棉絮，包藏无数肉眼难见的微小种子。一待成熟，鸟喙状果实打开嘴巴，开裂的两半各自往后卷，将毛茸茸的种子释放出来，就像马利筋一样。如果实际大小差很多的话，一串柳树果实，看起来就像上百个马利筋果实聚集在一根棒子上。

柳树种子比桦树种子更小、更轻——据我测量，只能算是微粒，长度仅为十六分之一英寸，宽度仅为长度的四分之一——基部包围着一簇棉絮般的绒毛，这些绒毛约四分之一英寸长，不规则地分布在种子的四周和上方。这些绒毛使柳树种子成为最容易飘浮的树木种子，能被微风水平吹送至极远的地方。柳树种子落下极缓，即便在室内的无风状态之中也是这样，却能在炉子上方的热气里迅速上升。它就像游丝般飘浮，蜿蜒行进，而在这簇蛛网般绒毛的包覆之下，你很难看见种子。需要一部最精巧的轧棉机，才能把这些种子和绒毛分开。

到了五月十三日，本地柳树里开花最早的水杨柳，就在温暖的草地边缘伸展一两英尺长的绿色嫩枝，上头长满三英寸长、弯曲有如毛虫的

串串果实。如同榆树果实，这些果实也在叶子出现前在树上形成醒目的一片绿。不过，现在有些果实已开始迸裂、露出绒毛，使得水杨柳在本地的乔木和灌木之中，是紧接榆树之后开始散播种子的树。

三四天后，在林间和林缘干燥洼地的草原柳，以及位于地势高且极干的林间小径的本地最小的矮毛柳，都开始露出绒毛。后者的细枝很快就覆满柳絮，有如灰白的棍杖，里面包含着有如毛虫粪便的绿色小种子。

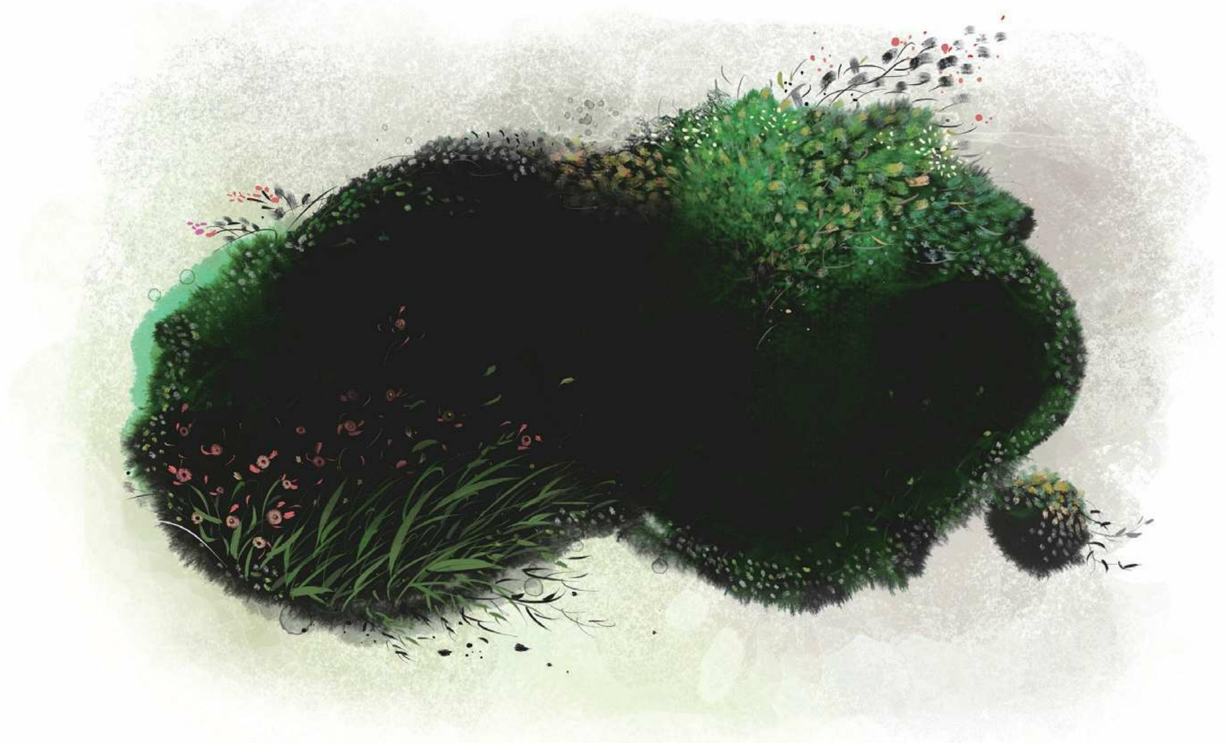
此外，约略同时，早熟的颤杨也开始吐露绒毛，晚些则是大齿白杨。这些杨树的果实形状特异，长得很大，而后又会转为鲜黄，看起来很像漂亮的成熟水果。



在六月的前半个月，各种柳树的柳絮和种子飘遍各处堤道和草地。

一八六〇年六月九日，我们碰上六场夏日骤雨——西边和东北边突然飘来乌云，还有一些雷鸣和冰雹。就在这些骤雨过后，我在午后站上磨坊水坝，看见约在屋顶高度的空中，充满某种绒毛，我起初以为那是来自某个房间的羽毛或棉絮。那种绒毛就像一群蜉蝣那样起起落落，或者像是一大团跳动的白色尘埃，间或降至地面。后来，我又以为那是某种轻薄易飘的昆虫。那些绒毛受到建筑之间和之上的微弱气流驱动，沿

着街道飘过，衬着还悬在西边的乌云，在潮湿的空气里看起来非常明显。店主们站在自家门口，好奇这是什么。这是白柳的柳絮，大雨将它们从果实中释放出来，接着而来的微风则使它们飞离，带走微小的黑色种子。土地刚刚变得湿润，正是播撒这种子的好时机。我追溯出那些柳絮来自二十竿外的一棵大柳树，距离那条街有十二竿，就在打铁铺后方。



柳树就是以这种方式播撒种子，这些带着绒毛的细小微粒，就算擦过你的脸颊你也不会察觉，以后却可长成直径五英尺的大树。

一周过后，到了六月十五日，当时我在康科德河上，看到某种东西染白了下风处的河岸，那里有个小湾，就坐落在黑柳和风箱树丛之间。这明显的一片白色延伸了两三竿，让我想到有次看到从失事船只冲上海岸的那些白色破布，也让我想到羽毛。我靠近一看，发现那是白柳的柳絮，一如往常充满着细小种子，被风吹聚一处，看来有如水边的浓密白色泡沫，宽达一两英尺，像毛毯或棉垫那样覆盖着水面，而且也和泡沫一样会在外缘堆高或隆起。我原本没想到那是柳絮，因为河边并无白

柳，而现在也不是那一带黑柳吐絮的时节。此时吹着西南风，那些柳絮就是来自西南方二十竿外某条堤道上的一些白柳，它们已先被吹越了十五竿的陆地，才来到此处。

这些毛絮是柳树和杨树最广为人知的一项特点。美国白杨为人诟病的缺点就是毛絮会掉得整个院子都是。有种目前并未长在康科德的杨树，甚至被叫作棉花树。

不毛之地的拓荒者

普林尼认为，柳树在种子成熟前就丢失它，使其变成蛛网："in araneam abit"。希腊诗人荷马曾在《奥德赛》里描述柳树，普林尼等人将他的描述解释为"失去种子的"，不过其他人则解作"不孕的"。在《奥德赛》中，女神喀耳刻在指引尤利西斯前往冥界时说：

> 不久你将抵达旧海末端，倾斜海岸在那沉降入海；
>
> 女神普洛塞庇涅那黑树林的不孕树，杨树和柳树在洪水里颤动。

我由此推论荷马笔下冥河河岸的样子，必定近似美国西北大草原的河流，如萨斯喀彻温河和阿西尼博因河等。诗人借由天界最偏远、最为不毛之处，来设想冥界的模样。那些曾走过美国广袤西北平原的探险家，从麦肯锡到欣德，都谈到当地最常见的树木，在河谷、近河处的就是小型的白杨和柳树；而有些人认为，那些大草原若非每年都被印第安人焚烧，最终或能长出更高贵的树林。



我经常在缅因州的荒野，甚至这附近，发现杨树在以火烧般的速度迅速冒出。值得注意的是，那些种子最小最轻的树，竟然传播得最广——可说是所有树种的先锋，在较偏北方和更为不毛的地区更是如此。

杨树那微小的种子在空气里飘浮、远扬，迅速覆满英属北美地区和我们北部那些火烧地，为河狸和野兔提供食物和庇护之处；水流也协助运送它们。而种子较大、较重的树木，虽然走在杨树铺好的道路上，却传播得比较慢。

没有哪种土壤因为太过干燥、多沙、潮湿，抑或处于太高或太冷的地方，而不能作为某种柳树特有的生育地。一八五八年七月，我看到白山山脉的高山区域，有好几大片地方被那矮小的熊果柳的柳絮染成灰白，这是一种茂密丛生的蔓生灌木，踩踏过去的感觉就像苔藓。其种子以不可抑止的弹力和浮力迸发，将自身族类传遍白山山脉的一座座山峰。另一种亦可于当地发现的柳树是矮柳——它即便不是最小的灌木，也是最小的柳树——这种柳树据说与北极柳同为所有木本植物中分布最北的。

虽然我们不常观察到这些种子飘过空中，但只要做个适当的测试，几乎能在任何地方发现它们。到我们森林里的任何一处观察——无论那里如何多沙，例如铁道沿线，或因霜害而无树木长出之地——除柳树（草原柳或矮毛柳）和杨树之外，没有其他哪种灌木或乔木有可能会在那里立足生长。

白杨谷与柳堤

如同马利筋种子，杨树种子似乎也多在风止息的洼地落脚。或者，这些种子之所以碰巧在那里成长，主要是因为这些地方结了霜，较不耐寒的植物难以占领。在这附近有许多这样的杨树洼地。

在任何开阔草地上建造一条堤道后，如果人类不加干涉，那条堤道的两侧总是很快就会冒出一整排的柳树（还有赤杨之类的植物），即便先前或许没有任何柳树长在附近，也没有任何植株或种子被人类带到那里。由此，人类学会借由种植最大型的柳树来为堤道抵挡洪水。

本地的铁路约于一八四四年兴建，当时有一大片多为草地的开阔地带，位于村庄西端以南，坐落在村庄和树林之间，没有任何明显的灌木丛生长。铁路堤道穿越这里，建起了一座高度超过十五英尺的沙堤，以南北向与河流直交。大约十年过后，我惊见柳树在此形成绵延的天然树篱，尤其是沿着这条沙堤东侧的基底，那边有道栅栏始于距河大约半英里处，并延伸半英里直到树林。那座柳树篱当然就像那条铁路或其栅栏一样笔直。

事实上，那座篱笆就像一座天然的柳树园，很方便我做研究，里头有八种柳树，约为我在康科德所见种类的一半：喙状柳、草原柳、水杨柳、白柳、密苏里河柳、绢毛柳、沼泽柳以及亮叶柳，其中只有白柳非本地原产。你可能会以为，那些种子或枝条是在兴建堤道时，跟着沙子一起从附近树林里的深谷带来的；然而，这些柳树至多只有前三种长在那里，后四种仅见于半英里以北、村庄彼端的河边草地——的确，它们在镇上通常都只长在河边和毗邻的草地。要是我发现后两种出现在远离河边草地的地方，必会特别惊讶，因为它们在本地的分布非常局限。白柳是其中唯一一种，就我所知曾长在上述堤道附近的区域。



因此，我认为这些柳树至少有一半的种子——或许另一半的大部分也是——从远方被吹到这里，被沙堤拦下，落脚在其底部，有点像飘雪那样积在那里。因为我在它们之间看到数棵椤树，它们源自十竿以东草原上的那棵椤树，而其他地方并没有椤树萌芽生长。这里还有一些赤杨、榆树、桦树、杨树和某种接骨木。于是，如果其他条件合适，你必能看到柳树冒出，因为空气中总是飘浮着许多它们的种子。

这片空旷草地上，可能好几年里都不曾有过一棵柳树扎根，但当草地上建起一道这样的屏障后，沿途很快就会长满柳树，因为这道屏障除了聚积种子，也能为柳树抵挡人类和其他敌人。柳树只会沿着屏障的基部生长，就像它们只会沿着河流的岸边生长那样。沙堤之于柳树，就如同湖岸一样，而整片草地就像湖泊；柳树享受着沙子的温暖和庇护，而

其根部沉醉于草地的湿润。如果我们思考树木和野草的来源，那么我们会发现，它们就像雪一样飘向栅栏和山坡，在那里获得成长的支持和保护。

这些柳树多么急切、多么繁茂、多么早熟。它们拉丁文学名中的*Salix*，来自*salire* 这个单词，为“跳跃”之意，它们跃起得如此迅速、如此活跃。它们在两年内才抽出两条幼枝，枝上就立刻发出银白的花序，接着就是盛开的金黄色的花和带毛的种子，它们以惊人的速度来传播族群。如此，它们繁衍不息并群聚一处，就连对其他树种来说是侵入领域、干扰生长的铁路，它们也能善加利用。

然而，虽说柳树种子年年都在空中撒满柳絮，被风吹遍树林和草地，但显然只有百万分之一能长成灌木或乔木。不过那就够了，大自然的目的已获得满足。许多白柳长在本地的堤道两旁，但少有白柳在别处自然萌发并维持领地，我猜想这些白柳来自意外落下的柳条而非种子。就连少数跟着黑柳一块长在溪边的白柳，也可能是来自从堤道漂去的枝条。最老且最大的白柳就长在房屋周围，如果我们相信传说的话，那么它们都有共同的历史，几乎每棵柳树都有相同的故事。某位胖老爹坐在屋里回忆儿时，当年在院子玩骑马，他最后将柳枝插在地上，然后忘了这回事，而柳枝现已长成那边的大树，所有过客都为之赞叹。当然，让太多柳树种子长成也行不通，因为要是每颗白柳种子都长成这样的大树，那么几年内，整个地球就会变成一座柳树林，这并非大自然会做的计划。

另一种外来柳树——杞柳，是在几年前偶然来到本镇，那时有一枝柳条被用来捆绑其他树木。有位好奇的园丁将那枝柳条插在地里，而今它已有了后裔。

百折不挠的黑柳

约莫六月中旬，沿河而生的黑柳结起籽，其柳絮开始飘落水面，并持续飘落一个多月。黑柳柳絮在树上最显眼的时候是在六月末周，带来一种斑驳的绿白样貌，相当有趣，就像果实一样。那些柳絮也在此时大量布满水面。

六月七日，一些黑柳种子被我放进窗边的圆杯里，不到两天就发了芽，长出圆圆的小绿叶。这让我既惊讶又好奇，因为植物学家经常抱怨，要让柳树种子发芽有多么困难。

我想我知道黑柳如何繁殖。它那微小的棕色种子，在绒毛里隐约可见，随之飘至水面——尤以六月二十五日最多——这些绒毛在水面漂流，还跟其他东西一块形成厚厚的白色浮渣，经常在水流较小之处，碰到河边的赤杨或其他低垂的灌木。这些浮渣通常呈现窄窄的新月形，长十到十五英尺，并与河岸形成直角，月弯则朝向下游，看来又厚又白，让我想到白霜。在两三天内，大量种子发芽，在一片白色之中露出圆圆的小绿叶，将浮渣表面略微染绿，就像在浮着棉花的水杯里撒上草籽。这些种子有许多漂进河岸的风箱树、柳树等灌木和莎草之间；或许就在细根长出时，水位下降了，它们便轻轻沉积在树荫底下刚露出的淤泥上，许多种子也许就这样有了机会长大成树。但是，它们如果未掉进够浅的水面，并适时地留在淤泥里，可能就消亡了。我在许多这样的地方，看过淤泥点缀着绿色，而那些种子或许是被风直接吹到那里的。

然而，它们借着这个方法若是无法成功，还有其他办法。比方说，像是长在本地河岸的另一种柳树，它具有得天独厚的优势，枝条的基部长得很脆，一碰就断，好似被切下一般——不过基部以上反倒极为坚韧，可以绞成强韧的绳索，能用于泊船，此即柳枝在某些国家的用途之一。然而，这些枝条就像种子那般撒落、漂流，然后扎根在第一个停靠的河岸。



某年六月，我在阿萨伯特河的沙岸上看到一团湿湿的东西，混杂着细屑、叶子和沙子，我注意到里头倒卧着一小株正在开花的黑柳。我将它拔起，发现那是一根十六英寸长的柳条，它有三分之二都埋在那团湿物里。这根柳条或许是被雪弄断、顺流而下、被冲上岸，然后被埋在那里，就像园艺的压条技法一样；如今，埋着的那三分之二，已生出了许多一两英寸长的幼根，而在地面上的部分也抽出叶子和花序——这样就有了一棵树，或许它将来还能高高站立在岸边摇曳呢。黑柳的生命力如此旺盛，它把握住每次机遇，沿河散布蔓延。降雪折断它的柳条，却反而让它传播得更远。

每次，当我把船驶入一片黑柳之中，船上总是撒满了柳枝，因为这些柳树低垂、伸展，甚至依着水面。从前我曾无知地怜悯黑柳的苦命，感叹它们的枝条如此脆而易断，不像芦苇那样柔韧易曲。然而，如今我却钦佩黑柳的坚强。我很乐意将我的竖琴挂在这样的一株柳树上，仿佛这么做就能获得灵感。我在康科德河岸旁边坐了下来，几乎要为了这个发现喜极而泣。

柳树啊，柳树，

愿我总能拥有像你那般的好精神，

那般柔韧，那般迅速地从伤痛中复原。

胜利之爱与同情

我不晓得人们为何将柳树称作无望之爱的象征，他们说：

“被抛弃的情人穿戴着柳树！”

毋宁说，柳树是大自然里胜利之爱和同情的象征。它会垂下，也极易弯折，但绝不哭泣。垂柳在此也开得一样有生气，即便它的另一半（雄株）并不在新大陆，而且也从未到来。柳树之所以低垂，并不是要纪念大卫的眼泪，而是要提醒我们，当年在幼发拉底河，它们如何从亚历山大头上摘走皇冠。

难怪柳木在古代会被用来制造圆盾，因为柳木和整棵柳树上下一样，不仅柔软易弯，还坚韧而易复原，不会一击即裂，而且能立刻愈合伤口，不让创伤扩大。这种树的命运就是每两三年会被砍断一次，但它们却不会因而死去或哭泣，只会抽出更健壮、更有生气的嫩枝，而且活得跟大多树种一样久。富勒在其《英格兰名人传》中谈道：“柳树喜爱潮湿的地方，而且遍布伊利岛，根部可巩固岸边，剪下的柳条可做生火的燃料，生长速度惊人。这里有句俗语说，柳树的利润已为主人买来一匹马，但其他树木的收益却还连马鞍也买不起。”

希罗多德说，斯基泰人借助柳杖来占卜，他们要上哪去找更适合用来占卜的树枝呢？连我初见柳杖，我也成了占卜师呢。

无论我是在十二月初某处干燥洼地的莎草丛里，还是在仲冬的雪地里，只要看到一根柳枝冒出，即便是最细的那种，都让我精神振奋，仿佛那是沙漠中的绿洲。柳树家族的学名Salix，来自凯尔特语的sal（近）和is（水），意味着它们附近流着某种天然的汁液或生命泉源。柳树是不曾失灵的占卜杖，总是扎根在水源处。



哎，柳树绝非自尽之树，它从不绝望。大自然里总是会有水汽，让它能化作生命的汁液。柳树是青春、喜悦和永生的象征。何处可见柳树

失意的冬天？它的生长几乎不受任何季节的阻碍，白色的柳絮总会在一月最暖的日子里开始吐露。

杨树也不像某些人所称，是法厄同那些哭泣的姊妹，因为没有什么比太阳马车的出现更让杨树欢喜，而它们也丝毫不为那位驾驶员感到悲痛。

想要叙述柳树如何未能传播，或许要比描写它们如何传播来得省事。我不晓得除了那些在巢里用上种子绒毛的鸟，还有哪些动物会帮忙传播柳树。贾汀在写给威尔森的笔记里谈道，他经常在英国北部的年轻冷杉林里，发现于季末所筑的小朱顶雀的鸟巢，“总是铺上柳树的毛絮”。这种做法有时亦可见于我们这里的金翅雀鸟巢。穆迪说，英格兰地区的金翅雀有时会在巢里铺上柳絮。威尔森说，紫红朱雀会以杨树种子为食。

悬铃木的降落伞

至于悬铃木——据米肖所述，是这个纬度上最大的落叶树——它的种子虽然远大于桦树和柳树的种子，却小于大多数园艺植物的种子。球形的果实直径约为八分之七英寸，系由三四百个长约四分之一英寸的棒状种子组成，那些种子尖端朝下，像针一样密集插在球形针插中；种子的基部围了一圈茶色硬毛，适合作为降落伞。果球连着长而韧的纤维质果柄，高高悬荡在大树上——因此每当树梢长了一些果球，我就会注意到。果球会在冬季和春季的暴风雨中猛烈摇晃，因而逐渐崩解，而种子或许就在一阵强劲的暴风雪里松落。在这种情况下，悬铃木种子虽然不是特别会飘，但仍有机会被风运送一段距离。我注意到这些种子能轻易散布于距离母树十到二十竿的范围。我曾读到书上说“杨树和悬铃木在冲积地和大草原上的内陆森林里占了一大部分”。威尔森说，果园拟黄鹂常用悬铃木的绒毛或羊毛来铺巢，还说紫红朱雀会在冬天食用悬铃木种子。

吉罗也说，紫红朱雀似乎很爱那些种子。

渺小的起源

这般细小的起始——可说仅是一粒微尘——却是巨木之所由生。正如普林尼对柏树的描述：“有件事不但惊人，而且不该被忽略，那就是树木竟然是由如此细微的起源产生，而小麦和大麦的谷粒却远远大得多，更别提豆类了。”他又说，蚂蚁非常喜欢柏树的微小种子，让他惊讶的是，“如此微小的昆虫竟能摧毁这般巨树的起源”。

或者，如似乎受了普林尼启发的伊夫林所写的：

> 凡人之中哪有如此完美的原子论者，愿意分析研究这般飘逸种子的千分之一？这种子可是无法感知的雏形，或像气息般的精神，却能产生高耸的冷杉和展开的橡树。（或者，谁愿相信）如此高耸而巨大的树木，像是榆树、悬铃木和柏树，有些甚至坚硬如铁，扎实如大理石，竟能被裹在这么小的范围里（如果一个点也能说是有范围的话），而没有丝毫脱位、混淆和错乱，放进如此微弱的物质。那在最初不过是某种黏液或腐物，但在埋进大地湿润的孕育处之后，竟能轻易分解、侵蚀那些远远硬得多的物质。而这种子虽然柔弱而有弹性，最终竟能推开或扯碎整块岩石，有时更以超过铁楔的力量将其劈开，甚至能够移山？没有任何重量可以压抑一棵胜利的棕榈，而我们的树木虽是种在腐败里，却能一步步长成坚硬、挺立的壮观大树，变成坚牢的巨塔。不久前才能让一只蚂蚁轻易搬回它那小洞的种子，如今已能抵挡最猛烈的暴风雨。

普林尼和伊夫林会如何谈论世界第八大奇观——加州巨大的“世界爷”呢？这种树起自这般细小的种子（其球果据称形似白松球果，但长仅两英寸半），却见证了世上诸多王国的兴亡。

第三章
鸟是种子的另一双翅膀

当然，我们不应认为前述那些有翅膀或绒毛协助传播、结籽繁多的树，是从无中而生。我知道，主张树木源起于种子的人绝非只有我，只是大自然为它们传播种子的方式，一直很少有人注意罢了。大部分的这些树以及与它们相近的树，在欧洲都普遍由种子培育出来，而在我们这里也开始这么种了。这些树木如此众多，皆因它们那轻而带翅的种子。

至于那些不带翅膀、重量较重的种子和坚果，一般人仍认为，如果结出这些种子的树生长在同类不曾出现过的地方，那么它们必定来自某种不寻常方式自然生长的种子或其他起源；或者，那些种子或起源已在地里休眠数世纪，可能被大火的高温唤醒。我不相信这些说法，我将依据我的观察，提出这样的森林是如何被种植和培育的。

樱桃，鸟的最爱

这些种子其实都拥有另一种翅膀或脚。各种各样的樱桃树广为分布，并不令人惊讶，因为众所周知，樱桃是很受鸟类喜爱的食物。许多种类的樱桃树都被称作“鸟樱”，而更多没有这种称号的樱桃树，同样深受鸟儿喜爱。吃樱桃是鸟类的看家本事，除非我们也像它们那样偶尔散播樱桃种子，不然，我觉得鸟儿比人类更有资格吃樱桃。

我们来看看，樱桃种子在果实里的位置有多么巧妙，保证会让鸟儿帮忙运送种子——种子就藏在诱人果肉的最中心，因此想吃果肉的，通常也会将果核一起吃入嘴里。如果你曾一口吃下一颗樱桃，必定有察觉到，就在这一小口美食的中央，有一颗大而粗野的东西最后会留在舌头上。豆子般大的樱桃果核不断被我们送进嘴里，有时还一次送进十几颗。大自然总能说服我们去做任何事情，去达到它所设想的目的。有些急性子的人和孩童就像鸟儿那样，匆忙时会本能地吞下果核，以便尽快从嘴中摆脱它们。只有贵族才负担得起让甜点里的樱桃先去除果核，使他们的生活更加彻底的奢华且无用，或许他们希望为此赎罪，于是偶尔种下一棵树，并大肆宣扬。

如此，这些种子虽然自己没有翅膀，但大自然驱使鸫鸟将它们放进嘴里，带着一起飞走。因此，从另一层意义上来看，这些种子其实也有翅膀，而且比松树种子的翅膀更有用，因为这些种子甚至可以逆风飞行。这造成的结果就是，到处都有樱桃树。许多其他树木的种子，也是这样。



种子如果是长在叶子里或树木根部，就不会这样被运走了。

我经常看到栽培种樱桃的果核被留在树林中的鸟巢里，那里距离樱桃树很远（果园里的鸟巢里更多）；还有，当我俯身饮用泉水，也会看见水底的樱桃核，这必定是那些同样来饮水的鸟儿掉下的，而距离最近的樱桃树远在半英里之外。樱桃树就这样被四处种植。简言之，大家都知道鸟儿非常忙碌地在传播樱桃果核，因为它们没留下几颗樱桃给我们吃。然而，值得注意的是，它们也并不一定都会带走果核。

有位邻人告诉我，鸟儿要先吃完所有嫁接种的樱桃——甚至还有附近的野生黑樱桃——才会碰他那些次等的欧洲甜樱桃，但最后，它们也把他的甜樱桃采个精光。

于是，栽培种的樱桃树到处冒出，长在新生的萌芽林地或任何没有

树木的土地，就像野生樱桃那样；然而，森林的发展和农耕行为都会毁坏它们，因此它们只有在萌芽林地或围篱边上，才会长到引人注意的大小。这些樱桃树似乎偏好长在山顶——也许是鸟儿爱把种子带去那里，也或者是山顶那里有樱桃树偏好的日照、方位和土壤。

在瓦尔登湖旁的某处山顶树林里，有十二到十五棵漂亮的年轻英国樱桃树，那些樱桃树在十二年前被砍，而我记得在费尔黑文山的树林里，围绕着一些大得多的樱桃树。我在去年秋天从湖旁山顶树林之中挖了三株，种在我的园子里，它们都长得很漂亮，而且比我上次造访某座园圃看到的所有樱桃树都长得快——它们的成长是明显而旺盛的——但长着粗大而难以移植的根部。

黑樱桃以相同方式传播，而且范围更广，成为萌芽林地常见的树丛。鸟儿会将它的种子大量送至浓密的树林里，当树林遭到砍伐，这些种子就成了最先、最常冒出的树丛。然而，它们不久也会死去，因而我鲜少在树林里见到高大的樱桃树。你只需让一株樱桃树矗立在你的房子旁，或是你的田地边缘，就能看到一群群的鸟儿——雪松太平鸟（樱桃鸟）、王霸鹟和知更鸟——在樱桃成熟时，每天长途往来奔波。

卡特勒博士于一七八五年谈到白山山脉的北方野生红樱桃——本镇相对少有的一种树——他说："一片没有任何一种樱桃树的土地，在主要包含云杉、松树、山毛榉及桦树（尤其极为高大的）原生林被砍伐并焚烧之后，来年夏天就会冒出大量这种樱桃树。"

米肖也提到相同情况，他说："这种樱桃树有着与纸皮桦同样惊人的特性，都能在这些情况下自行繁衍。"

我曾在缅因州注意到，这种树在伐木营地和运材区萌发得相当浓密，这些地方可能是有一小片区域的植物被砍伐清理，甚至是某位独行旅人宿营一夜的所在——这种树就像树莓和草莓一样，一经人类召唤便热切地出现，因为它们也热爱人类所喜欢的阳光和空气。乔治·B.埃默森先生在其《麻州自然生长的林木报告》中说，他在缅因和新罕布什尔爬山的时候"多次在溪床——那往往是最好走的路径——发现数量惊人的樱桃果核，即便附近很大范围内并无该类树木"。那些果核也许是被急流冲下，或为鸟兽遗留。即使是从这种环境中冒出的浓密樱桃树丛，也很容易得到解释，你只要想到鸟儿传播樱桃种子，次数有多么繁多，范围有多么广袤。

或许没有哪种树木的果实，能像樱桃一样让鸟儿这么热爱，无论是野生种和栽培种都一样，虽然有些野生种非常不合我们的口味。而鸟儿大多会将樱桃种子带进森林深处。我从鸟类学和亲身观察得知，常见以樱桃为食的鸟类计有知更鸟、雪松太平鸟、嘲鸫、褐矢嘲鸫、王霸鹟、冠蓝鸦、扑动裂、红头啄木鸟、蓝鸫以及主红雀。

找到果子，就找到鸟儿

古代人观察到某些种子常由鸟类种下，从而推论鸟类是传播那些种子的必要媒介。伊夫林谈到冬青树——这种树可用于制造粘鸟胶——的种子，他说“传说那些种子得先通过鸫鸟的嗉囊才会发芽；因此有句拉丁谚语说‘Turdus exitium suum cacat’”。

如果你想研究鸟类习性，就去有鸟类食物的地方。比方说，如果是九月一日左右，就去找野生黑樱桃、接骨木、美洲商陆以及花楸树。除正在枯萎的鸟嘴莓、野生樱桃和接骨木的果实，就是此时本镇最盛产的野果。

我在一八五九年九月一日那天，走在林肯郡树林深处的一片萌芽林地，看到一小棵黑樱桃树结满果实。我摘了一些果实，并在那里看到、听到久违的雪松太平鸟——听到它们的尖声鸣叫和优美的歌声——还有这季节少见的知更鸟。我向同行的伙伴说，这些鸟儿的身影和叫声颇为难得。我们坐在靠近这棵树的一块大石头上，听着这时节不寻常的声音。时而有一两只鸟从天空冲向这棵树，直到看见我们而突然转向，并感到失望，它们可能飞降到附近的树枝上，等着我们离去。

雪松太平鸟和知更鸟似乎晓得本镇任何野生樱桃树的所在，这季节，你必定会在那些树上发现它们，就像在蓟花上发现蜜蜂和蝴蝶一样。要是我们久留，那些鸟儿就会忽然飞往另一棵它们知道而我们不知道的樱桃树上。现在，一棵结满果实的野樱桃树的四周，因着鸟鸣而有如春天再临。

最后，我们继续上路，穿越寂静无人的田野和树林，过了一两英里后，我在某处围篱旁采了一篮子接骨木果，突然发现自己碰上一群年轻的橙腹拟黄鹂和蓝鸫，它们显然是在取食果实，在我眼前轻快地飞向一株又一株接骨木。就这样，我们每次来到有这些果实的地方，都发现这些爱吃果实的鸟儿群聚在一起。

每年有多少樱桃果核——尤其是能让鸟儿轻易咽下的较小或野生的种类——被播撒在田野和树林里啊！

被火烧的地方会冒出新的树木，这并不奇异神秘，这是因为那些年幼、脆弱的树苗，原本会因森林的浓密阴暗而死去，但如今它们的根部逃过大火，而有机会在那里成长；要不就是，在土地经过如此清理后，种子得以在此扎根。

鸟儿的野果菜单

值得注意的是，野果、莓果和种子，是鸟类和老鼠等动物很普遍的食物。我会说，无论那些果实多么硬、干、酸、苦、乏味或微小，它们都爱吃，全是因为它们的口味与我们不同。

侧柏

比方说，有多少种鸟类是在秋冬季节以侧柏的果实为食？根据鸟类学家所述，最常见的是知更鸟、雪松太平鸟、黄腰白喉林莺、蓝鸫、紫红朱雀、嘲鸫、松雀，据我观察，还包括乌鸦；而且这些鸟儿可能也会吃匍匐的塔枝圆柏的果实。威尔森说，雪松太平鸟“无节制地爱吃”侧柏的果实，“有时可见三四十只在一小棵侧柏的枝丛间振翅，摘取果实”。而奥杜邦也观察到，“雪松太平鸟（也被称作樱桃鸟和侧柏鸟）的食欲异常地大，驱使它们吞下眼前的每一颗果实或莓果。这种吃法让它们有时暴食过度，飞不起来，陷自己于被人徒手捉住的地步”。

康科德的侧柏不多，尤以本镇南部最少，因此我曾纳闷，二十年前我在某座山丘看到的那棵小树究竟来自何方。然而，在某个严冬里，我碰巧看到渔人在瓦尔登湖冰上挖好一个个的洞，然后，乌鸦就立刻前去打探放在里头的鱼饵。我发现它们在冰上掉了很多侧柏和小蘖的种子。当时，距离最近而正在结籽的侧柏位于东边一英里处，就在林肯郡弗林特湖边的一座小树林，而原本并未长在瓦尔登湖的小蘖，也在弗林特湖的树林里与侧柏大量混杂。我发现乌鸦先在树林里吃了侧柏和小蘖的果实，再到弗林特湖捡拾渔人留下的鱼饵，然后才到瓦尔登湖看看有什么可以搜罗的。因此，我并不惊讶看见那座山丘自那天起长出许多小侧柏。



小蘗

小蘗的种子跟它的果实一样酸，这种种子被乌鸦广为播种——就像苹果籽一样，播在小片灌木丛里。一起参与播种的，还包括常在秋天到处取食小蘗果实的知更鸟和其他鸟类，或许还有老鼠，因为我偶尔会在某个废弃鸟巢里看到小蘗种子堆得半满。冬天，我曾惊动小蘗和漆树上的鹧鸪，见到鹧鸪跃上这些树，我猜想它们应该也吃这两种果实。

杨梅

人类并没有觉得杨梅是种很受欢迎的果实，但据说黄腰白喉林莺（也叫作杨梅鸟）、知更鸟、隐士夜鸫及嘲鸫都会吃。威尔森曾谈到夏末时分巨蛋港的双色树燕，说他看到它们几乎覆满某些杨梅树，“在离开前的一段时间里，它们主要是食用杨梅的果实，变得极肥”。

我在本镇只见过一棵会结果实的杨梅树，但我发现那棵树的果实到了十月中旬就全都不见了——很可能是被鸟儿吃了，因为在杨梅树很多的地方，许多果实会在树上留到来年。

黑紫树

黑紫树（酸紫树）的果实小而极酸，果核很大，你绝不会想尝上第二次——但这种果实却格外吸引鸟类，尤其是知更鸟。“它们很爱黑紫树的浆果。”威尔森说，“因此，只要有一棵结满果实的这种树，邻近地区又有知更鸟的族群，那么猎人只需站在树的附近，装填子弹、瞄准、射击。知更鸟一群接着一群飞来，几乎持续整天。借着这个方法，猎人轻轻松松猎杀大量知更鸟”。

其他据说也吃黑紫树果实的鸟类，包括玫胸白翅岭雀（急切地吃）、扑动裂（大量地吃）、红头啄木、嘲鸫、雪松太平鸟以及蓝鸫。

花楸

劳登在《英国的乔木与灌木》谈道：“在利伏尼亚、瑞典及堪察加半岛，花楸树（正是我们已引进的那种，不过我们自己另有一种美国花楸）的果实一熟就会被人当作水果吃掉。”我猜那里的气候必定能对那些果实产生某种改良作用，不然就是当地居民生活困苦——虽然我知道没有别的东西如此酸涩，但在某地总有某人去吃。在我吃来，这种果实极苦且极涩，我不懂鸟儿怎能下咽；不过，有人观察到，它们并不会去咀嚼果实。无论如何，我发现知更鸟、雪松太平鸟和紫红朱雀的口味和利伏尼亚人一样，而伊夫林说，鸫鸟很爱这种果实，因此只要附近森林有花楸树，你就必能拥有鸫鸟为伴。

九月二十日左右——虽然它们往往在果实成熟前就来了——前院的树木将会因鸟儿聚集显得生机勃勃，它们是追寻果实而来的；它们不只是要稍尝几口，而是非得要吃光一簇簇垂下的橘色果实才罢休。它们好像蜜蜂一般，集体出动，迅速完工，只不过是以非常欢乐的方式在工作，而它们才刚在别处结束类似的工作。我的邻居抱怨鸟儿先是吃掉他大部分的草莓，虽然它们也为他带来一些好处，可最终，当他的花楸树结满果实，成了前院美丽的装饰时，它们又在几天内夺走所有的果实。

因此，不是只有一些种子被散播到各处，而是上述树种的所有种子——除非种子的数量极大——通常全部都会被这些鸟儿传播得又广又远。

尽管如此，不管是哪种花楸树（美国种不产于本镇），我都只在这里见过一株花楸是以这种方式被种下。然而，在土壤和气候适宜的地

方，这必定是花楸树繁衍后代的方式。

檫树、朴树

檫树那种漂亮但味道差的果实，常被鸟类一扫而尽，让我很难找到一颗成熟的。就连朴树那些又干又难下咽的果实，据说也有鸽子和象牙喙啄木鸟来吃。

简言之，树木的种子及果肉是特别适合鸟类的食物，而不适合兽类、爬虫类或鱼类。鸟类可以最轻易地取用，而且也最适合将其传播至最远的地方。

如果你想研究鸟类习性，就去有鸟类食物的地方。比方说，如果是九月一日左右，就去找野生黑樱桃、接骨木、美洲商陆以及花楸树。除正在枯萎的鸟嘴莓，野生樱桃和接骨木的果实，就是此时本镇最盛产的野果。

在以上的名单中，我们还能增列当季的漆树、冬青、荚蒾、山楂、玫瑰果、唐棣、葡萄、野毛扁豆和白珠树的果实。上述这些乔木和灌木的种子，连松鼠和老鼠也很常吃。达尔文曾谈到（英国的）大山雀，他说自己“多次看到并听到这种鸟敲击红豆杉的种子”。我们的山雀——与大山雀亲缘相近——不会也吃本地的红豆杉吗？威尔森谈到知更鸟会吃的美洲商陆，他说“这种浆果的汁液呈现美丽的深红色，这些鸟儿吃得太多，就连腹部也牢牢染上那种颜色”——这种意外偶尔也救了知更鸟的性命，因为老饕担心它们的肉可能有毒。



然而，更值得一提的是，就连臭菘和天南星植物的浆果也会被鸟类或兽类食用。

约莫八月中旬，大部分植物的小果实都已成熟或正要成熟，这时正好雏鸟也已长大到能飞来取食。

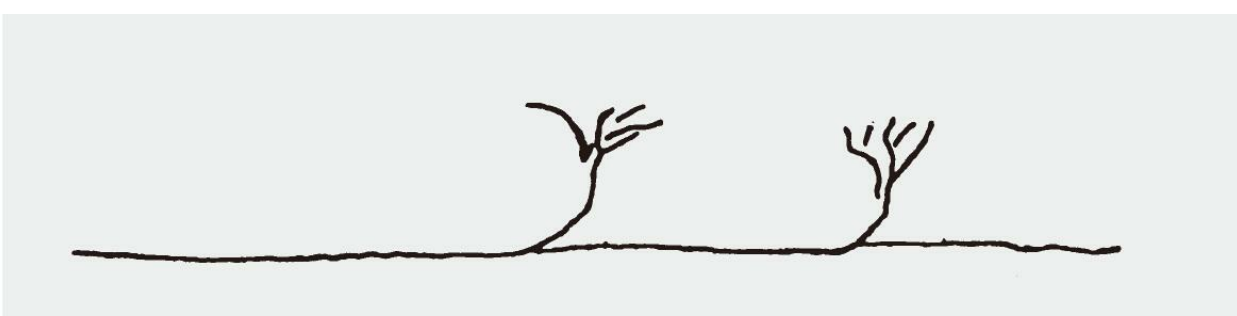
鸟儿之外的传播方式

虽然越橘分布广泛，但我不曾见过任何一株从种子发芽长出的越橘苗。我在一座三十年的浓密松林里检视黑越橘，发现它们是利用叶子底下那些偶尔分叉的健壮走茎来扩展；虽然这里的每株越橘不超过十岁，但枝干和走茎无疑和这座树林一样老，是一度繁盛的越橘群的遗迹，它们曾生长在某处旷野的围墙边上。我有时会追踪越橘的走茎，直到它在七英尺的地方断掉，但它无疑还要更长。走茎上会有三四株新的植株相继冒出，但全都生长乏力——去年长了不到一英寸——而走茎却长了六到十二英寸。那些最大的新植株，底部弯曲，泄露了它们发自走茎的事实，因为走茎的末端一边往上长出植株，一边继续水平蔓生。

长在旷野的越橘似乎是在五六岁时达到壮年——而且通常会继续活到十到十二岁。

矮丛蓝莓也是如此，只是规模较小，而且是长在较为开阔的地方。我看过它们一株接着一株蔓延生长了数英尺长；它们是从地下走茎直接往上方长，因此我们可以得知地下茎的位置。

你偶尔会在一根被锯断的白松树桩顶部，看到一株年轻的越橘强健地生长着，它立足于树皮和木材之间的裂隙，似乎是从被鸟儿掉在树桩又被风吹进裂隙的种子发出的；不过，或许这样的状况，最有可能的还是直接从底下的走茎长上来。山楸梅等植物也是如此。越橘这类植物（杜鹃花科）据说是最早的化石植物之一，而且最终可能成为地球上仅存的植物之一。越橘形成一座低调、潜沉却有生气的林下之林，等待着它的时机。



梭罗手绘越橘长长的走茎上，冒出新的植株



越橘

一片树林被砍伐两三年后，你通常会在那里发现丰盛的越橘和蓝

莓，当然还有山楸梅和唐棣，等等。这些多是由动物所种下，如同我之后将谈到的小橡树那样，或者有一些可能是从那片树林被砍伐前就存活至今；大自然会将这些重要植物的种源，保存在较大树林底下的“育婴室”里，随时准备好面对各种意外，像是大火、风灾或人为造成的。

我看到这些植物的果子和其他莓果的种子，被留在树林和草地里鸟儿暂栖的岩石上。它们在那些莓果成熟的季节里，持续不断地传播它们。

或许这些莓果是鸟儿的最爱。威尔森说，雪松太平鸟年年为此造访阿勒格尼，而这些莓果在产季时，几乎供应玫红比蓝雀和猩红比蓝雀的所有伙食。除了这些鸟，我们还可以加上大冠蝇霸鹟、中美绿蚊霸鹟、草原榛鸡和斑鸠——而我们或许也可以列入知更鸟、褐矢嘲鸫、黄褐森鸫和鸽子——无疑还有许多其他鸟类也吃。乔治·埃默森说，矮丛蓝莓喂养无数群野鸽。

狐狸也大量食用越橘；我常看到越橘种子混在它们所吃下的动物皮毛和骨头中。去年九月，我两次在树林里检视狐狸粪便——两次的日期不同，地点相距甚远——碰巧都发现其中主要包含土拨鼠的皮毛、部分下颚和门牙，还有越橘的种子和一些整颗的越橘。就像我们一样，狐狸用餐也爱主菜搭配甜点，亦即土拨鼠搭配越橘。如此看来，大自然为了传播越橘，不仅利用大量的鸟类，还派出狐狸这种不停歇的漫游者。其他小型果实（或许是玫瑰果或美国冬青）的种子，我也常看到残留在狐狸的排遗之中。

同样，高丛蓝莓、山楸梅等，也会在沼泽被清理后冒出，只是当枫树等树木出现后，会遮蔽阳光，使它们无法继续存活。

去年十月，我经过一处肥沃的低地，看到大量深红色的芦笋种子，散布在芦笋枯茎枝形成的一片朦胧灰褐之中。这片芦笋至少有一英亩，而且必定有着好几蒲式耳的种子。由这片景象可以想见，鸟类将芦笋散布得有多广。

于是我检视十二竿以北、过了一条马路之后，那片未经开垦而灌木丛生的山坡，看到很多两三英尺高的芦笋植株长在那边的草丛和灌木丛里，并且也结了种子——这些植株必定是在先前由鸟儿从上述芦笋地引进。我还发现一些极小而纤细的坚韧植株——就那样被播下，原来的种子还附着在上面，萌发在镇上最偏僻、最天然的沼泽——那里距离最近

的房子有一英里远。后面这种情况下，芦笋植株从未长大到一定程度，而大多数人不知道它们是什么。

多年来，我在瓦尔登湖周围好几处树林里，都曾见过西红柿的幼株，有时就长在中空的树桩里，距离最近的房舍或果园至少有四分之三英里远。原先的种子或许是由每年来野餐的人们所留下，要不然就是由鸟类年年落下，因为西红柿在那里并没有结果。然而，我从没见过鸟儿在我们的果园啄食西红柿，也不曾见过未由人类播种、而是自己从种子发芽的马铃薯植株，显然它们是同一家族的植物，而且都栽种得很广。金翅雀以许多不同的种子为食，因而获得不同名称封号。我主要将它视为“蓟鸟”，但我发现某位储存种子的邻人，称之为“萬苣鸟”，另一位则将它以取食他家葵花子的鸟来看待，或许还有一位视其为“大麻鸟”。

不劳人工栽种的果树

试想苹果树是如何靠着牛和其他兽类传遍全国，在许多地方形成几乎无法穿过的树丛，还为果园带来许多全新而优越的品种的。

乌鸦也到处取食解冻的苹果——它们的嗉囊里常被发现装满苹果果肉，我甚至曾见过乌鸦在本州岛境内衔运整颗苹果。某年冬天，我在河边一棵橡树下的雪地里看到一些解冻苹果的碎块，再看过去就发现两三行某只乌鸦留下的足迹，还有数只必曾栖身这棵橡树上的乌鸦所留下的鸟粪，不过那里没有松鼠或其他动物的足迹。树下的雪地上到处都是圆洞，我将手伸下去，从每个洞里都能取出一颗苹果。最近的苹果树位于三十竿外、河的另一端。那些乌鸦显然是为了安全起见而把解冻苹果带往这棵橡树，如果它们没有把苹果掉在雪地上的话，就能在橡树上享受苹果大餐。



雪松太平鸟、嘲鸫和红头啄木鸟也吃苹果和梨子，尤其是那些早熟而味甜的。威尔森谈到红头啄木鸟时说道：“一受惊吓，它就张喙刺进一颗上好的（苹果或梨子），然后带着飞往林子。”奥杜邦还曾见过雪松太平鸟“虽然受了伤，且被关在笼里，却吃苹果吃到噎死”。

苹果树的传播，我曾在别处描述过。

就连梨树也有相当程度是自行传播进入我们的原野和森林的，尽管人工栽种的很少。除非我们种下种子，不然梨树很少能长在我们自家园子里，而且我们也无法得知是何时种的；因此，发现梨子竟能自行传播，让我们感到相当惊讶。三十年前，本镇没有几棵人工栽种的梨树，那时我很少见到梨子，更别说是梨树的种子了。然而，大自然决心要传播这种树，早就弄来一些梨树和种子；因为我知道那时有十几棵高大的老梨树在野外生长着，镇上的野生梨树可能跟栽培的梨树一样多呢。

第四章
远播四方的种子

顺流而下

　　椴木悬垂于河面上，八月，它的果实被大量冲下河流，并被溢流送往更内陆的地方，甚至还被风吹过冰雪，到远方去。我还曾在明尼苏达的草原上，在囊鼠的颊囊里发现椴木的种子。

发射吧种子

某年九月，我采集了一些形状特殊的金缕梅蒴果，这些蒴果长成一簇簇的，很漂亮，好像被鹿皮装紧紧裹住一样，周边还包围着变黄的叶子，我将它们放在我的房间里。这种蒴果的结构可分成两部分，成熟时会裂开，露出两枚闪亮、椭圆形的黑色种子。三天后，我在半夜听见噼啪声，还有某种小东西不时落地的声音。到了早上，我才发现那声音来自桌上的金缕梅蒴果迸开，将坚硬的种子抛向房间。它们就这样连着数天，将黑亮的种子射遍房间。那些种子并非在蒴果裂开时就会飞出，因为我看到许多裂开的蒴果里还有种子；那些种子的基部似乎仍牢牢地嵌在果实里，即便果实的前端已经张开了。但当我用刀子松动一颗基部还嵌着的种子，它便立刻飞出去，就像我说的那样。那光滑的基部似乎受到坚硬的外壳压迫，最终把种子挤了出去，你只要用拇指和食指去捏果实，就能让一颗种子飞出。就这样，这种种子借由弹射十到十五英尺的方式来传播。

众所周知，凤仙花的果实只要轻轻一碰，就会像手枪一样射出种子，既突然又有力，即便你已有准备，也总会吓你一跳。那些果实如射击般射出种子，甚至在我带它们回家时，在我帽子里爆开。康多尔说，来自美国的那种凤仙花，从花园逸出野外，已彻底归化在英国了。

乘着河水漂流

香杨梅树长在河边和草地，它的种子是由水流传送的。仲冬时节，我看到大量种子冻结在河边草地的冰里，一排排堆列着，保持着原先被溢出的流水冲来的样子，所以香杨梅树大多会大略沿着潮位线扎根生长。在春天里，我看到香杨梅树所悬垂的河面覆满其种子，就像一层浮渣。

我经常看到起绒草（在国外被称作“缩绒工的蓟草”）的头状花序漂在河里，或被冲上岸——它们全都来自上游的工厂；使用起绒草的工厂，借由河水来转动机器，正好也帮助起绒草传播了种子。值得一提的是，据说首位在镇上大量种植起绒草的人，他取得种子的方式是——当时栽种起绒草是垄断事业，因此买不到种子——把马车借给某位种植起绒草的农人，回来后再清扫马车。

各怀绝技的传播术

秋末时节，你也许会看到一丛丛北美靛蓝——此时已经变黑——断掉后上下颠倒地倒在林间小径或草地上，仿佛有位辛勤的农人或草药商已将其一把把地采收，丢放在那里。其实真正的原因是，北美靛蓝一丛丛长在阶地上，许多茎紧密地长在一起，而其枝叶又交缠得难以分开，因此强风一来，便将它们从地面全部折断。然后，因其形态之故，这一束束北美靛蓝在被风吹袭后，通常都是上下颠倒着地。我看到这样的北美靛蓝常三到十五株成一束，直径约四英寸粗，看起来真的很像有人摘采后将它们聚集放在一起。

在这个季节里，你也能看到飞遁草滚过牧草地，或者偶尔翻过墙壁或岩石。

显然，这些植物的种子可以透过这样的方式广为传播。

显而易见的是，遍布本地旱地而结籽众多的针草和半日花可由多种不同的方式传播。我见过一株较大的针草从北美油松残干顶部冒出，仍维持着它的形态，距离地面一英尺，而其根部深入腐木一两英寸。这可能是在积雪堆积到约与残干等高或更深之际，种子恰好被风吹过雪地到达那里。因此，对于禾草或野草，大自然早就把雪白床单铺在它们底下，好盛接种子，让麻雀可以更容易发现它们。

第五章
草生植物 · 绒毛远扬记

关于种子带着绒毛的草本植物，依据老杰勒德所述，这些种子是“随风吹送”。

菊科的绒毛小球

五月九日左右，我们正在某处遮蔽较多且潮湿的河岸草地，寻找蒲公英早开的花朵，但还没发现那鲜艳的黄花，就看到到处都有蒲公英开始结籽了——有小男孩正在吹散那聚集着许多种子的小圆球，玩着预测妈妈要不要他们的小游戏。（如果他们一口气吹掉所有种子，那么妈妈就不要他们，不过他们很少能办到。）有趣的是，蒲公英是秋天常见的绒毛种子植物里最早出现的，那是我们的大自然母亲发出的最早暗示，要我们开始执行自己的任务，并有所作为。我们能肯定我们那位天才母亲永远都会要我们，直到我们能够一口气吹散苍穹。大自然行事要比人类诚实、迅速得多。

到了六月四日，蒲公英在茂密的草地上全都结成了种子。你可以看见那里点缀着上千颗绒毛球，而孩子们现在则以其鲜脆的茎来编成环链。（此处半页原稿遗失）其至高的计划就是撒播蒲公英。圣皮耶说得真切：“需要一场暴风雨才能将松柏的种子搬上一段距离；但只要一点微风就足以为蒲公英再次播种。”



五月二十日左右，我看到第一株山柳菊结籽，正等着被风吹过草地，跟雏草一起染白草地，然后漂浮在水面上。它们如今已将自己高高抬离地面，比我们找到它们最初花朵的地方要高得多。如同杰勒德对英国的蒲公英所做描述，“这些植物长在阳光充足的沙岸和未耕地”。

我把山柳菊和蒲公英，还有某些早开花的柳树和杨树，列为每年最早结出毛绒种子的植物——榆树不包含在内，同时它们的种子也是最早熟的。至于湿生鼠曲草这种亲缘相近的植物，则在这年晚得多时，才在路边低处结出种子进行传播。

康多尔说，珠光香青（和山柳菊为同家族）被称作美洲长生花，早先种在英国的墓园，如今已从英国的花园和墓园逃出，而彻底归化了。

里弗州克菊（矮蒲公英）——本地最早开花的菊科植物之一——它的绒毛和种子约于六月十三日开始飞扬。我通常会先观察种子，然后才观察花，因为这种花只开在上午，这个时间对大多数人来说，不太适合外出。

毛飞蓬为该属成员中，最早在本地结籽、开花的。

与毛飞蓬同属、但较晚开花的美洲原生种——加拿大蓬，已成了欧洲常见的野草，且据康多尔所述，最远可见于俄罗斯的喀山。林肯夫人说："林奈宣称，加拿大蓬的种子飘过大西洋，因而从美洲传入欧洲。"不过，它们当然不用等哥伦布来指路。另一种飞蓬，据葛雷所述，为当地土生土长。

圣皮耶观察到，"那些轻浮易飘的种子大多成熟于秋初；之后……在九月末或十月初，我们就会遇上最猛烈的强风，亦即所谓的秋分风。"

飞越沧海的蓟草

八月二日左右，我开始在空中看到蓟草种子的绒毛，这种情形会持续到冬天。八月和九月，是我们观察到它们的主要月份。

我们所称的加拿大蓟，是最早成熟的蓟草。至于因以蓟草种子为食而被称为“蓟鸟”的北美金翅雀，则比我还要早知道加拿大蓟成熟了。一旦头状花序开始干枯，我就会看到金翅雀将它们扯碎，带着绒毛的种子因此散飞。每年，金翅雀总会在全国各地放飞这些种子，而我偶尔也会这么做。

罗马人也有他们的蓟鸟，普林尼说那是他们所有鸟类里最小的——由此证明，食用蓟籽并非这类鸟类的现代或一时的习性。蓟籽成熟后，往往继续附着在花托上，直到受潮而腐烂，或是直接掉落在地上，除非有像金翅雀这样的助产士前来加以释放，才能让它们向空中升飞，去追寻自己的命运，而金翅雀则会吞食一些种子作为代价。

所有孩子都被相似的本能驱使，从结果观之，或许他们的目的也是相似的。他们实在很难忍住不去碰蓟草成熟的毛球。穆迪谈到英国的金翅雀的食物，他说，尤其是那些菊科植物的绒毛种子，“以其丰富过盛的产量，撒满整个夏天的空气”，而且“一整年里连续不断，因为当风尚未摇光秋天蓟花的绒毛，早发的欧洲黄菀已经开花；然后，蒲公英和其他许多种类又接着跟进”。

蓟草的绒毛为灰白色，而且要比马利筋的粗糙得多，开始飞扬的时间也较早。第一眼看到蓟草绒毛飘过空中的景象，令我感到有趣而兴奋，因为那是季节流转的记号，我每年都会记下第一次看到的日期。

很特别的是，你经常会看到蓟草的绒毛种子在水面上低飞而过，越过瓦尔登湖和费尔黑文湖这类的湖泊。比方说，去年有一天午后五点，刚下过雨，我身处瓦尔登湖中央，看到许多没有种子的蓟草绒毛（只有一些带有种子）从水面上方约一英尺处飘过，然而当时几乎没有风。那些绒毛仿佛是被吸引到湖上的，而湖面又有一股气流阻其落下或升起，同时加以吹送引导。它们可能是从附近洼地和山坡的生育地被吹来水面，因为气流而被引向水面上方的空间，仿佛那是它们的游乐场一般。

这位聪明的热气球驾驶者，正要飞越它的大西洋——或许是想把一枚蓟草种子种到彼岸；如果它能降落在荒野，就像回到家一样。

活在公元前三百五十年的泰奥弗拉斯托斯，谈到各种气象预兆，其一即为“大量蓟花绒毛飘在海面上，就宣告将有强风”；而菲利浦斯在其《栽培作物史》里说道：“牧羊人看到蓟花绒毛飘荡，却不见气流，‘森林动摇，却不见微风’，就把羊群赶去避难，并呼喊着，上天啊，请保护彼方船只不受迫近的暴风雨所害！”

去年八月，我在莫纳德诺克山看到一撮不带种子的蓟花绒毛飘过山顶上空——虽然我仔细找了将近一周，却没能在树林以上的区域发现任何一株蓟草。那撮绒毛可能来自那座山的底部，或是相邻的谷地，由此可见，某些山地植物，像是高山的一枝黄花，因此能传遍新英格兰的一座座峰顶。

我不晓得蓟草的种子能被传送多远，事实上，本地常见的蓟草里就有两种（加拿大蓟和欧洲蓟）是从欧洲传来的，它们或许是偷偷横渡了大西洋而来，现已传遍美国北方各州和加拿大。加拿大蓟这个名称，好像是地道美洲植物一样——但如你所知，它已成为我们新田野里危害最大、最常见的外来种野草。你能一连骑马数日，沿路看到都是那些蓟草。因此，弗吉尔的文字能非常真切地形容本地：当人们不再食用橡实，犁头也被引进，农人的辛劳就开始了，枯萎病袭击谷物，而有害的蓟草则让所有田野变得尖刺粗硬。

无论蓟草如何繁多，蓟草的传播和繁殖并无神秘之处，因为大家都曾见过蓟草的绒毛飘过空中的奇景；而在所有植物之中，蓟草也是最多产且最容易散布的植物之一。

某位作者曾以某种被他称作Acanthium vulgare 的蓟草为例，算出一颗种子的子代若能全部长成，那么到了第五年就可产出七万九千六百二十亿株以上的蓟草。他说：“这么多的后代，不仅足以覆满整个地球表面，还包括太阳系的所有行星。其他植物全都不可能生长，而每株蓟草也只能分到一平方英尺的空间。”据说，蓟草还能靠着根部来蔓延拓展。而加拿大蓟也是类似这样多产的植物。

蓟草绒毛的弹力惊人。有一天，我检视一株压平置于我的植物标本集一年的欧洲蓟，我一把纸张拿开，欧洲蓟的头状花序就弹起超过一英寸，而那些附有绒毛的种子也立刻飞走。除了一直压住，没有别的办法

可以将其留在标本集里。

我在九月或十月走过山顶时，常把枯干的草原蓟的花序扯开、散飞，借以自娱。在我心中，它们所载运的重量，与某些更大型的物体一样有分量。虽然最近有彗星出现在本地西北方的地平线，但蓟花的绒毛种子却得到我更多的关注。或许，有一撮特别展开的绒毛，从你手里平稳上升，载着自己的种子，直到数百英尺高，然后朝向东方，消失不见。这难道没有带给热气球驾驶者一点启示吗？彗星的外形有如蓟草种子，天文学家能计算出彗星带着彗核向某处运行的轨道（彗核或许还不如蓟籽扎实呢），但哪位天文学家能计算出你那蓟草绒毛种子的轨道，并预测出它最终会在何处放下宝贵的货物？它在你睡觉时，可能仍在行进呢。

我在十月末看到的蓟草，大多紧闭着花序，这样至少可以保护种子的绒毛不被秋雨打湿。然而，当我扯下绒毛，种子多半会留在花托上，排列整齐得像是插在针插上的针；花托也像一个圆形、表面弧状微凸的弹匣箱，种子有如子弹，一个个塞在弹匣箱里的小圆洞，一圈圈紧密排列成四边形、五边形或六边形。这些下垂而空了大半的蓟草花序，我不知道有哪种东西在乍看之下会比它们更难看。然而，如果你仔细检视，就会发现，那干透、长满刺、围着种子的总苞片，其外观虽丑，但里面很整齐漂亮；总苞片以平滑温柔的一面包着由它负责保护的种子，以粗暴多刺的一面向着可能伤害它的敌人。这层围篱由覆瓦状、浅褐色、薄窄的苞片构成，就像丝绸一样极为光滑——最适合用来保护种子那精巧的绒毛降落伞——有如一个装着王子的丝绸衬里摇篮。种子就在这少有人知晓的光滑天花板下保持干燥，而我们看到的，只有其老旧而经风雨侵蚀的外侧，就像发霉的屋顶。于是，虽然它看起来不过是个褐色、破旧的夏日遗物，似乎即将化为路边的尘土，但其实是个宝盒。

晚秋时节，我经常遇见失去种子、已经无用的蓟草绒毛滚遍田野，上头的种子，或许早被某只饥饿的金翅雀咬掉了。少了种子在底部的拖累与稳固，这些绒毛被风一吹就走，并能翻越所有障碍；它们确实跑得很快、很远，但在它们最终停留之处，却无法长出任何一株蓟草。

有些人忙乱进行一些不切实际的计划，只是在“经历着”没什么好经历的事，他们让我想到这些无籽的绒毛。那种商人和掮客靠着赊欠借贷来做生意、押注热门股票，他们一再失败后，却又受到帮助，徒劳无功地再度出发。这在我看来全是穷忙，没有可以留存的东西，对于伟大的蓟草族群亦毫无用处，就连一个蠢人也吸引不来。在你要扶持或解救某

位失意商人（带他走出法庭），帮他再度乘风飞翔之前，记得花点时间看看他是否带着任何成功的种子。带着成功种子的人，你从远处就能认出来，他飘得较慢、较稳，承载着重量——才能期待他的事业会有所成就。

野火烧不尽的野火草

到了八旬中旬，野火草（梁子菜和柳兰）的绒毛开始飞扬。然而，它们被称作野火草并不十分适切，因为它们也会从新垦地冒出，无论该地被开垦清空的方式为何——在这附近，砍伐和放火烧地一样常见——但我不否认灰烬对它们来说是一种很好的肥料（对其他许多植物也是）。在这里，它们会出现于萌芽林地上甫经清理、沙砾多而裸露的地方。空气中总有足够的种子，准备好要降落在这样的地方生长。它们的种子或许是在树林被砍之前的那个秋天被吹进树林，并因风停而落脚；或者，据我所知，是早已蛰伏在土壤里，保存生命力多年。甚至，也许这些种子具有逃避或忍受火烧的能耐，也或者是大火造成的气流，将它们推升而远离危险。我曾在缅因州荒野见过生长有最多柳兰的地点，就在某些经过焚烧和砍伐的地方，那些柳兰往往茂密生长达一英亩的范围，它们的粉红色花朵很容易辨认，即便你远在一英里外的湖上。

梁子菜是一种会自然而然产生出来的植物，要在整地过后（经由焚烧）才会现身，并开始茂密生长；然而，据我观察，野火草遍布本地林地，只不过在密林内较为稀少且矮小。梁子菜就像蓟草那样，种子繁多且容易飘散。数百万颗种子吹过我们经常行走的道路，而我们连一颗也没看见。《论坛报》有位记者于一八六一年在纽约州希南戈郡写道，梁子菜于大约六十年前，在当地任何经过焚烧的地方都大为肆虐。他说：“其花朵的绒毛非常细微，（在伐木季）工作的人，身处那些绒毛之间，不但难以呼吸，也看不清楚。而在来年，谷物有时会布满这种绒毛，使得我们必须戴上面纱来打谷并清掉绒毛。”



那么，何以认为梁子菜是自然产生的呢？我想问问那些仍坚持该理论的人，梁子菜若是自然产生，为何它们不在欧洲产生，就像在美洲这样？当然，加拿大蓟也被认为一样是自然产生的，然而，为何要到种子从欧洲传来之后，加拿大蓟才在美国出现呢？我毫不怀疑，梁子菜能以种子在欧洲类似地方种植成功，即便目前还没有；而我也相信，梁子菜在欧洲也能像在美洲一样，神秘地自然冒出。然而，如果种子对于梁子菜的产出是非必要的，既然它们能够在欧洲自然产生，那么为何在种子传入欧洲之前，没有看到它们出现呢？

此外，在森林被砍伐的来年，随着野火草冒出的众多杂草大部分为多年生，而且必定在树木被砍之前已经活了一年。如果你像我一样也曾仔细观察过它们，那么你会发现它们具有过冬用的“根生叶”构造。这些植物包括各种一枝黄花、紫菀、柳叶菜和蓟草等等。然而，除非树林被砍伐，否则这些植物很少能活到两年，或者长到成熟的阶段。

马利筋的生命宝盒

马利筋种类极多，且全产自美洲，本镇常见的有四种——叙利亚马利筋、高马利筋、抱茎马利筋和湿地马利筋。马利筋的绒毛远比蓟草的来得细而白，其中叙利亚马利筋更因绒毛有如丝线而被称作“维吉尼亚丝”。卡姆曾说，加拿大人称马利筋为“棉纺厂”，“穷人收集（其绒毛），然后塞进床褥——尤其是自家孩子的——借以替代羽绒”。康多尔说，马利筋也已被栽培，其绒毛可当作羊毛或棉花来用，而且已被引进欧洲南部。

马利筋的绒毛最早约于九月十六日开始飘扬，而叙利亚马利筋的果实会在大约十月二十日到二十五日之间开始散布种子。（我也曾在春季看过某种马利筋的绒毛出现在天空）其果实又大又厚，外覆软刺，一个个以不同角度站在茎上，就像一把武器。抱茎马利筋的果实细长、极为挺直而有五英寸长。湿地马利筋的果实小、细长、笔直而尖、极为挺直，而那大大的种子的四周有一圈薄翅，我约于十月四日开始看见其绒毛。

让我们暂且只谈叙利亚马利筋。如果你里里外外地细看它的果实，你会发现它好像一个宝盒，或是一艘独木舟。果实变干后便会翘起、爆裂，沿着果实表面凸起的接缝处裂开，露出里面的棕色种子及种子的银色绒毛降落伞，那绒毛就像极细的洁净丝线，它们以覆瓦状紧紧排列在一起，并朝着上方。有些孩子将这样的绒毛称之为种子的鬃毛或小银鱼，当平放它们时，确实有点像一只头部棕色的圆胖银鱼。

这样一个椭圆形小盒，外覆软毛刺，内有光滑衬里，里头紧紧塞满大约两百个（我有一次数出一百三十四个，另一次数出两百七十个）梨子形状的种子（或形似杆秤松），每颗种子都以一束极细的丝线连到果实的核心，借以取得养分。（这丝线会因为果实中间隆起的分隔，而又有一两个分叉。）

最终，当种子成熟，不再需要来自母株的养分，就会被断了奶，这时变得干燥、表面覆着霜状物的果实，就会爆开，那些漂亮的小鱼会松动，扬起它们棕色的鳞片，微微翘起；丝线末端与核心分离，从原先的营养导管，化为飘浮的气球，看似某种蛛网，载着种子前往全新而遥远

的田野。这些远比最好的丝还细的丝线，即将负责带着成熟饱满的种子飘起。

下雨过后，果实通常就会爆开——它从下侧裂开，好避开可能接着而来的阵雨。果实上部种子的外缘绒毛，逐渐被吹松，此时仍借着中间绒毛的末端连着核心。或许在某些张得更开且更干的果实顶部，已有一群松开的种子和绒毛，它们的绒毛只以尖端粘附在核心上，有如许多经线会合于一点，一俟风起就要飘走，像一艘小船系着长索，停置于河中，随时准备扬帆。它们可能会这样被风吹上一段时间，直到一阵强风才将其送出，而在那之前，它们正努力伸展并弄干丝线，好变得容易飘浮。这团白丝从远处看来，大如拳头。我有位邻居说，这种植物正到了最后折扣出清的时候。

有些种子被我用手弄了下来，随即就落在地上，不过，或许一阵强风吹来，就能将它们送至远方。

如果你再等一会儿，就会发现有些果实已经完全打开，并且全空了，只剩下棕色的核心，这时，你可以看到这个盒子拥有多么细致、光滑的白色或草黄色的衬里。

如果你在九月末坐在阁楼窗前，就会看到许多马利筋绒毛飘在你身处的高度，只不过通常都已卸下了货物，而你或许从不晓得，自家附近长着这种植物。

一八六〇年八月二十六日，我发现马利筋长在田野的洼地里，那些种子似乎是因为风吹止息，而落脚在这样的地方。

因此，虽然显眼暴露的平原和山丘送出强风想拖引种子到来，却是最沉默的地方夺得奖项。无风吹动的安静洼地，毫不费力就接收并且隐藏了种子。

某天下午，我散步走过康南敦，接着越过李家桥进入林肯郡，而后经由苦难山返回，途中我在铁线莲溪那一小片开阔草地上看到马利筋的果实已经上翘、爆开。当我释放一些种子，那些细丝随即飞散、张开，然后，放射成半球形，丝线不再聚合在一起，一根根分开，并反射出多彩光芒。这些种子在周边具有既宽且薄的边缘或翅，助其保持稳定、避免打转。我放出一枚种子，它起初上升得很慢、很不确定，被看不见的气流一下吹过来，一下吹过去，令我担心它会失事撞进邻近树林。然

而，这并未发生。一接近树林，它就坚定升起，随即感受到强大的北风，迅速往反方向飞去，越过法拉家的树林，越升越高，随着每次气流波动而起起伏伏，一直往南，直到在五十竿外离地一百英尺的空中——我就再也看不到了。

我兴味盎然地望着那枚种子，就像劳里亚特先生的朋友们看着他消失在天际一样。然而，种子返回地面的过程没有那么危险，或许在向晚时分，空气潮湿而静止，那种子发现应许之地，趁着风息，轻轻降落在树林之间，进入某座陌生的谷地——那里可能是在某条类似这样的小溪旁——而其旅程就此告终。然而，它的坠落将开启新的成长。

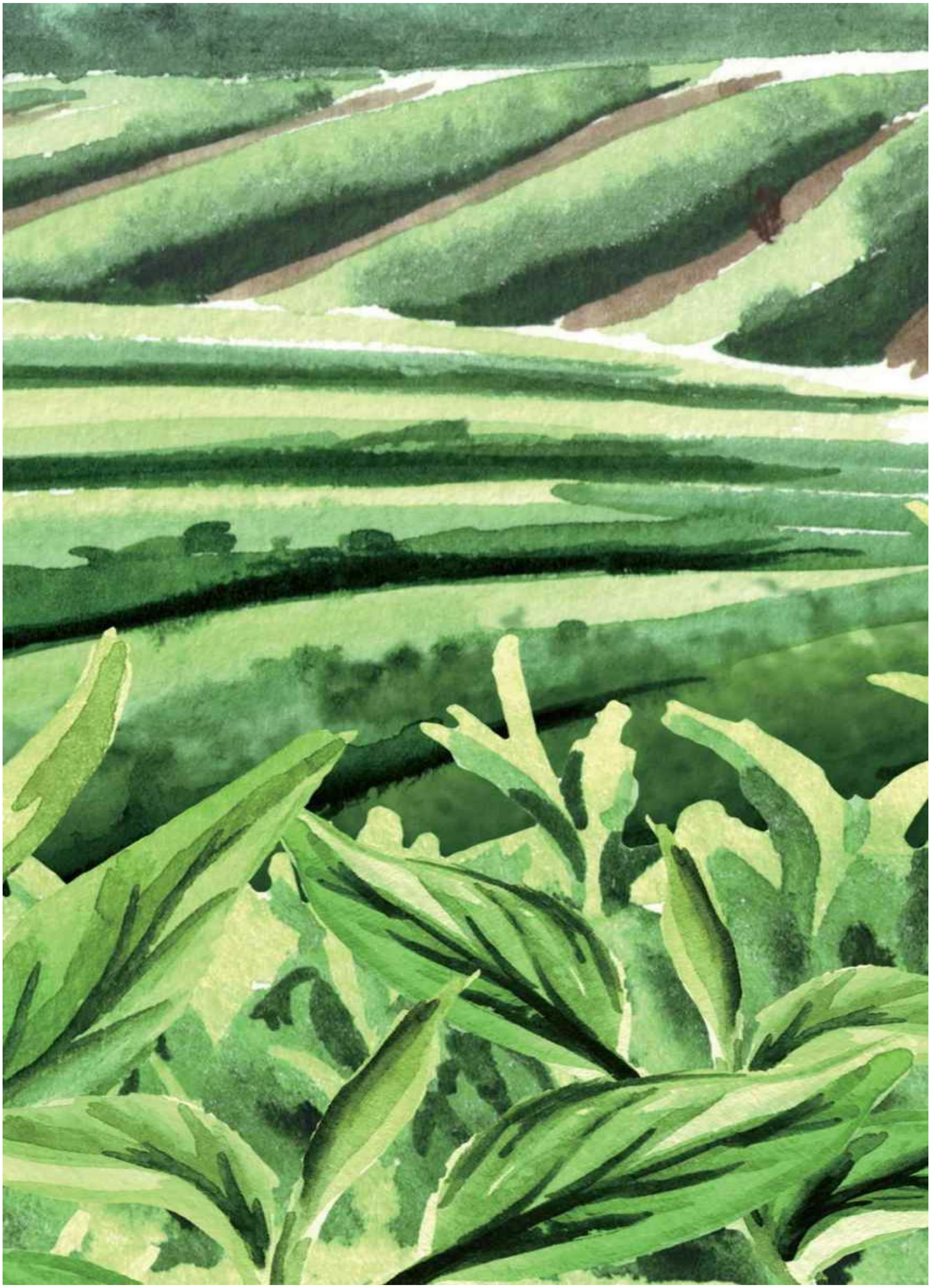
就这样，一代又一代的种子越过湖泊、树林和山地。试想，各式各样的种子热气球，都在这个季节借由同样的方法升空啊！无数种子热气球如此远扬，飞越山丘、草地和河流，循着不同路线，直到风息而止，以求将其族类播种在新的地点——谁能断言它们飞了多远？我猜想那些在新英格兰成熟的种子能将自己种在宾夕法尼亚州。无论如何，我都很好奇这每场秋季冒险的结果和成就。为了达成目的，这些丝绸飘带在整个夏天将准备完善自己，紧紧塞进轻巧的果实盒里，这就是为达此目的的完美调适——它们不仅预示今年秋天的成就，也预言了未来的每个春天。只要有一株马利筋怀着信念结出成熟种子，谁还能相信先知但以理或是牧师米勒谈到的世界将终结于今夏的预言？

我带回两枚爆开的果实，天天释放一些种子，观看它们缓缓升空，直到消失，以此自娱。无疑的是，那些种子上升的快慢可以作为天然气压计，来测试大气的状态。



接近十一月底，我偶尔还会在路边看到一些还没掉光丝绒的马利筋果实，即便那时可能已下过雪。由此看来，在这好几个月里，强风持续在传播它们的种子。

类似马利筋果实的，是夹竹桃那极长而细的弯曲果实。外面呈暗红色或赤褐色，里面却是带着光泽的淡棕色。夹竹桃果实也以类似的方式释出带毛种子。我曾在接近四月底时，还看到一个仍然闭合着的。



染白秋日原野

九月中旬过后，严霜已为繁花画下句点，此时我们只能见到种子。到了九月十八日，两三种山柳菊已经开始结籽。它们那小小的淡黄绒球，是树林里秋天的代表。不久之后，秋师牙草也在所有草地上布满微小的毛球，有如五月的景象的重现。

到了九月底，铁线莲也开始变得毛茸茸。一个月后，叶子大多已经落尽的铁线莲，挂在一棵矮树上，我还以为那是一棵开满白花的树。某位作者在《博物学家期刊》谈到一种英国的铁线莲："我经常在堤岸的老鼠洞口，观察到这种种子那长而带毛的部分，或许在艰苦季节里，这种种子会供作这些动物的部分粮食。"

就在这同样的时节，变得更加明亮、带有银色光泽的裂稃草，吸引了我们的目光。

十月二十日左右，几乎所有的一枝黄花都出现了绒毛。十一月初，许多一枝黄花和紫菀这一个月来变得灰白，它们身上充满了繁多的绒毛种子。圆蓬至极、干净轻巧的绒毛种子，正要趁大雨打来之前，随风飘落或被吹向远方。这一大群有如蓟籽的微粒竟染灰了田野！那些种子如此细微，即便我们摇动植株，释出了一千枚，也很难在空气里看见。你必须持续留意，还要很专注地注视，才能在落地之前看到它们，不然，风一吹，它们就飞走了。这些种子之所以很难看见，不只是因为它们体积小，还因为它们的颜色衬着天空时很不明显。它们就像灰尘一样覆盖着我们的衣服，无怪乎它们能够传遍田野、深入森林。

这些植物和其他菊科植物（像是斑鸠菊等）的种子，大部分在整个冬天都会留在植株上，等到春天来临，才散播出去。



第六章
种子搭便车

有一大类植物（林奈称之为粘着植物）的种子或果实附有微小的带刺长矛、钩子或其他机关，借以粘上任何碰到它们的动物，以便被运送到其他地方。这类植物在本地最常见的，就是各种鬼针草和山蚂蟥，还有牛蒡、龙牙草、露珠草和猪殃殃等等。

作物枯萎，

牛蒡和矢车菊丛生；

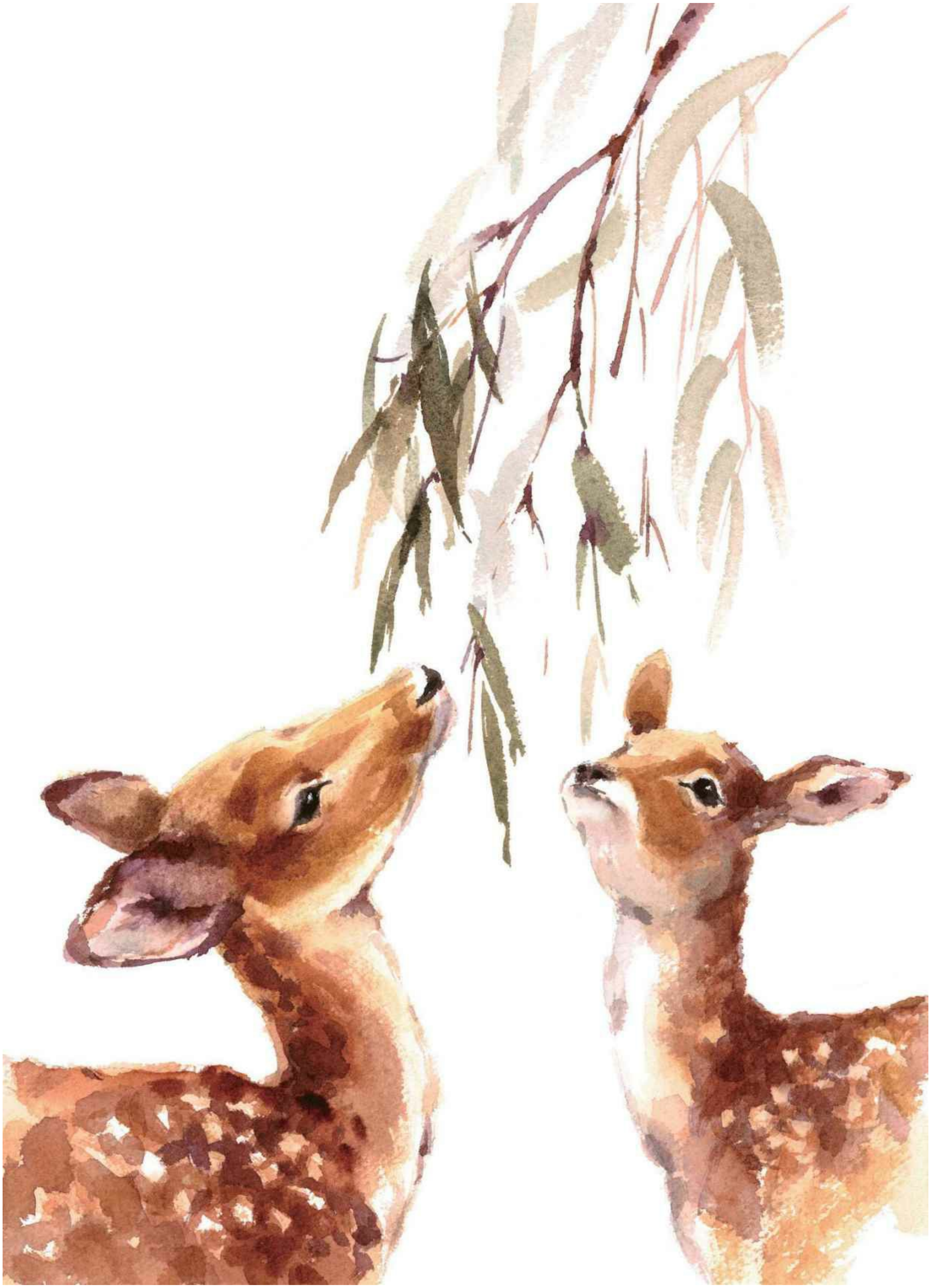
有害的黑穗病和不孕的橡树

主宰了耕地。

鬼针草暗箭齐发

鬼针草——本地共计有五种——种子的形状略似扁平的褐色箭袋，从里面伸出二到六枝带有倒钩的箭。它们最早的是在十月二日左右成熟，如果你在十月里得走过或经过某个半干涸的水塘，这些种子往往就会粘上你的衣服，而且数量惊人。这就好比你无意间走过一片数不尽又看不见的小人国军队，他们一怒之下将所有的箭矢和标枪都射向你，只是无一射中腿部以上。这些双箭、三箭和四箭种子全都射向你，直到你的衣服全被插满，由于它们很难用手拂去，因此就连那些最爱整洁的人，也只得带着它们前进。有时到了一月中旬，这些种子还有很多。

特别的是，本地有种水生鬼针草，分布于河流，只在水里生长，往往连绵整个河面，所以鲜少不会被经过它们附近的动物碰到。然而，也许是某只麝田鼠、貂、涉禽、麋鹿或牛，或者甚至是某位不怕弄湿衣服的老派梭鱼钓手涉水而过（大自然预期他来，就像预期麋鹿到来那样），它们皆为传送这种鬼针草的媒介。值得注意的是，这种鬼针草的箭袋，拥有最多支箭。



山蚂蟥的长锯子

我在本镇找到八种山蚂蟥，它们的种子被包在节状的果荚里，看起来好像短链条，各节的形状呈菱形、圆形或三角形，上头覆满细微的钩状绒毛。山蚂蟥最早的是在八月三十日左右成熟。

池畔的鬼针草和长在峭壁的山蚂蟥，知道必有野兽或人类前来，以其皮毛或外套为它们运送种子！每当我在九月里爬上峭壁去找寻葡萄，几乎没有一次不把衣服弄得都是山蚂蟥的种子（尤其是圆叶山蚂蟥和圆锥山蚂蟥）。就算你拼命地逃，它们还是赶得及抓住你、粘上你——而且往往是粘上整排果荚，有如一把有着四五个锯齿的窄锯子。它们甚至会粘上你的手。它们凭着有如婴儿寻找妈妈乳房般的直觉粘上你，渴求一片处女地，急于发现新的土地，到外地去寻求它们的未来。它们偷偷搭上你这艘船，知道你不会回到原来的港口。我们不愿被绊住或耽搁行程，于是被迫带着这些种子和我们一起走。这些几乎看不见的网已撒向我们，一群群的山蚂蟥和鬼针草种子，就这么巧妙地利用我们偷搭便车来运送种子。

你得花上好些时间才能把它们去除干净，它们粘上你却只需要一下子。我常发现自己好像覆盖着一件由山蚂蟥种子叠覆成的褐色大衣，或是一座多刺的拒马，必须在某个方便的地方（或许对它们来说更为方便），花上至少一刻钟摘掉它们，从而它们可以得偿所愿——被运到另一个地点。

因此，即使是最肮脏、最懒散的闲汉或乞丐，也能对大自然的运作有点贡献，只要他一直不断移动的话。

某天下午，我和一位同伴在河流下游靠岸，漫步走过岸边那一大片山蚂蟥（马利兰山蚂蟥，果荚各节为圆形），发现裤子沾了满满的山蚂蟥种子，数量多到令人感到惊奇又有趣。这些绿色的鳞状种子紧密覆盖着，把我们的腿都变绿了，让我想到水沟里的浮萍，又像某种锁子铠甲。这成了我们散步时的一大趣事，我们也很自豪能穿上这身勋章，时而有些嫉妒地相互打量，好像谁的衣服上粘得多，谁就比较杰出似的。我的同伴对此事流露出某种信念，因为他指责我说，他认为不该故意走近山蚂蟥以求粘上更多种子，也不该拔掉身上的种子，应让种子在无意

间磨搓而落。结果一两天后，他为了和我散步再次出现在我面前，他的衣服几乎仍像起初那样粘了满满的种子。我发现大自然的计划，被他的迷信大幅往前推进。

我们常说某人的衣服老旧且褴褛，这可能是指衣服穿久了，破烂得就像有些结了种子的、破败的植物，也或者意指衣服粘着许多种子而变得凌乱不堪。

牛蒡和苍耳的芒刺

牛蒡果实的状况也是一样。孩童经常将其拿来盖房子和谷仓，而不需用上任何灰泥，而人类和动物只要有毛茸茸的外衣或皮毛，都可以被用来运送它们。我曾帮过一只猫，去除满身它自己弄不掉的牛蒡种子，而我也常看到牛只甩动着的尾巴末端，粘了一堆，它或许会为了挥掉那些想象中的苍蝇而刺到自己。

某年一月，我散完步走过厚厚积雪回来，发现一些干掉的种子粘在我的大衣衬里，但我不晓得那个季节里何处找得到牛蒡。由此看来，甚至在大雪期间，大自然也没忘了它的植物生计。借由这些方式，牛蒡从欧洲传入美洲。

那些在工厂里拣羊毛的人或许能告诉我们，他们在羊毛里发现了什么。无疑，会有许多新品种的野草，它们经由作为肥料的羊毛废料——至少暂时地——引进我们的土地。鸟类学家威尔森谈道，苍耳在他那年代长满俄亥俄河和密西西比河的岸边，“那些在苍耳最盛处吃草的羊只，身上嵌满整片芒刺果实，使得这些羊毛几乎不值得清理”。而据康多尔所述，“从东边冲来的羊毛曾导致蒙特皮利尔附近某处出现一大堆来自柏柏里、叙利亚和比萨拉比亚的植物品种，不过，那些植物大多未能在这里成功生存下来”。

勾勾缠的琉璃草

几年前，我知道镇上仅有一处长有琉璃草。我用手帕包了一把这种植物的小果实放在口袋，回家后，花了很长时间才将它们从手帕上一一扯下，还在这过程中拉断许多棉线。接着，我又花了二十分钟来清理自己，因为我也碰到那些植物。不过，我并不介意这种事；所以，到了来年春天，我好意将一些前一年八月采到的种子，送给某位照顾花园的年轻女士和我的姊妹，希望能够传播这种稀少的植物。她们对这种植物的期望被激起，而且维持了很长一段时间，因为琉璃草要到第二年才会开花。开花时，花朵及其特殊香气很受喜爱；但忽然之间，抗议声大声地传到我耳里，因为琉璃草的种子粘到了那些花园常客的衣服上。我得知那位年轻女士的母亲，在某次出门旅行前，到花园摘取了一朵香花，后来，她发现自己在毫无知觉的情况下，衣服上夹带了数量惊人的种子去波士顿，而铁路公司也未对这些货物收取费用——那些邀你前去欣赏、摘采的花儿，对你都是别有用心的。因此，这种种子就这样被传播了，而我的目的也已达到，我不需要再为它烦恼了。

文明人要比野蛮人夹带更多种子。皮克林在其人种研究中谈道：“澳洲原住民几乎不着衣物，而且拥有极少人为制品，他们在传播种子和植物的贡献上，或许少于任何人种。”

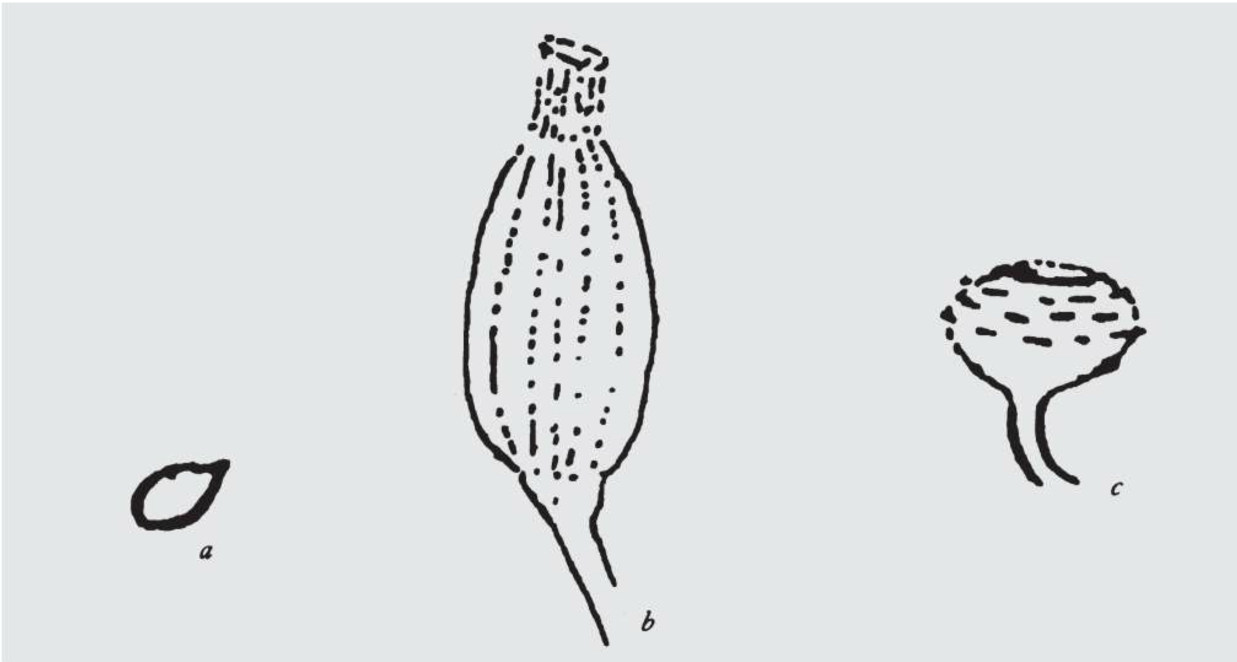
第七章
水生植物 · 种子漂流记

随波逐流

一八六〇年十月十三日，我发现蛤壳山那里的河岸绿了一片，原来是梭鱼草的种子浮上水面——里头还混着风箱树的种子、珍珠菜的狭长球根，还有圆而茂密的绿色狸藻的茎叶。或许，这些植物全是如此传播开来。我看到大量的狸藻靠在桥边和围篱，上头有着明显的绿色叶芽。这些植物都是在秋冬两季传播。

九月一日左右，我看到箭南星的花茎，长约一英尺半到两英尺，在河边和草地上弯垂着，末端吊着球状的绿色果实，直径约为两英寸，看起来好像一种绳子末端绑着金属球的武器，里面包含着大量黏黏的种子。果实弯垂到近乎及地，因而能够年年躲过镰刀，即便叶子都被割光了，这种植物却还能存活下来并繁衍后代。大自然将叶子给了刈草人，却留下种子，等候洪水前来领取。

现在，萍蓬草也同样弯曲着花茎，种子在水里和水底的泥土中逐渐成熟。这种果实呈长圆锥形，上有一道道棱纹，一端则是颇为整齐的开口，（a）里面装满黄色种子。（b）睡莲果实在蜕掉外层发黑腐烂的叶子之后，呈现出好看的浅瓶状。（c）这些种子的大小约为苹果种子的四分之一，颜色与苹果种子类似，或者更偏紫色。睡莲的种子可以存活得比较久，当它们刚从果实里脱落时——如今果实已全都沉入水里——种子会浮起，不过，当包覆种子的特殊黏糊状物质被冲掉后，种子就会沉到水底，发芽扎根。圣皮耶表示，他深信有种完美的调适与和谐支配着大自然的一切作品，“因而断定，水生植物的种子落下的时间，大多取决于其所处河流何时泛滥”。



梭罗手绘萍蓬草和睡莲的果实与种子



睡莲

动物送货员

这些种子必为许多动物的食物。

如果你在附近的田野挖了一个水塘，很快就会看到塘里不仅会出现水鸟、爬虫类和鱼类，还会有常见的水生植物，像睡莲，等等。你的水塘一挖好，大自然就开始进货。你可能不晓得那些种子是如何或在何时进去的，但大自然知道。大自然动员它的整个专利局去处理，将那些种子陆续送来。

一八五五年八月，我为长眠谷新墓园里的人工池整地。这个池子在过去三四年间逐步开挖，而于去年完工，亦即一八五九年。这个池子长约十二竿，宽五六竿，深两三英尺——池底光秃、泥泞而多沙。水源取自附近草地丰沛的地下泉水。出水道是一条短浅沟渠，通往附近的浅水湾，水流最终流入半英里外的河流里。

去年，我得知已有许多小绵鳚鱼和一些颇大的梭鱼在池里被捕获——早在池子完工前。那些鱼无疑来自河流，即便引水道既窄又浅，而在今年——一八六〇年——我发现墓园池子里已长出一片片的萍蓬草。如此，我们身处死亡之中，却也在生命里。我想，这些种子并不是在淤泥里休眠，而是被遍布萍蓬草的河流（也可能是从四分之一英里外那片草地的大沟渠）中食用种子的鱼类、爬虫类和鸟类带来。威尔森说，萍蓬草和其他水生植物的种子会被大白鹭、雪鹭和大蓝鹭取食。乌龟也可能会吃这些种子，因为我看过它们吃萍蓬草的腐叶。如有任何水道相通，鱼类或许会比植物早到，然后利用植物作为食物和栖身的地方——因为鱼类必须等到水面被浮叶覆盖才能繁殖。或许，它们现在就潜伏在这些绿色的屏障底下。

除此之外，池水里显然还没有野草。

一八六〇年十月十八日，我在别克史托沼泽南端的小池里看见萍蓬草的叶子和梭鱼草。它们如何进到池里去的？这回可没有河流（或许，这是爬虫类和鸟类所为，而非鱼类）。的确，我们不妨也问问，它们如何去到各处，因为所有的水塘和田野都像这样充满了植物，而我们可不该以为那些都像人工池这样的新造物。

这让我们想要探究，植物是如何来到目前的所在地的：比方说，那些在我们出生前或本镇建立前就长满睡莲的水池——还有我们挖的那些——是如何填满植物的？我认为，我们有把握的就只有假设前者填满植物的方式跟后者一样，而且世上没有突发的新创造物，至少从最初的天地创造以后就没有。而我也毫不怀疑，长在不同池子里的睡莲，由于所处环境不同，已逐渐产生各自的独特性质，即便它们全都起自同一颗种子。

我们发现自己所处的世界已种满植物，但栽种工作却仍如最初创世那样，持续地进行着。我们会说有些植物生长在湿地，实情或许是，它们的种子散播各地，但只在湿地上成功生长。

于是我们明白，化石里的睡莲——要是地质学家找得到的话——和我们拿去教堂的那些睡莲是如何传播的。除非你让我看到睡莲被创造出来的那个池子，不然，我将认定，最古老的化石睡莲在其起源地出现的方式，就跟别克史托沼泽的那些睡莲一样。



这样的发展理论，意味着大自然有一种更强的生命力，因为它更具弹性和包容力，而且等于某种持续的新创造。

达尔文在其《物种起源》中说道：“我在二月时，从某个池子边的水下三处位置，取了三大匙泥巴，这堆泥巴干掉后仅重六又四分之三盎司。我将这堆泥巴裹起来，放在书房里六个月，每长出一株植物就抽出来计算。那些植物总计有五百三十七株，分属许多不同种类，但那堆黏泥巴可以全部放进一个早餐杯！考虑这些事证，我认为，水鸟不可能没把淡水水生植物的种子送往远方。”当然，用的是它们的脚和喙。

洋流里的植物舰队

如果我大肆宣扬借由河湖漂流的种子，你不会感到惊奇，因为更大的种子甚至可借由洋流越过最广的海洋，甚至堆成海中的小岛。圣皮耶说道：

> 有件值得哲人思考探究的事，就是去追踪那些植物舰队，看看它们如何日夜航行，随着小溪的水流，在没有领航员指引的情况下，来到未知的领域。有些种子偶因河水溢流而流落旷野。我偶尔看见它们堆在急流底下，聚在卵石周围发芽，呈现一波波最美的海绿色。你会以为那是花神被某位河神追逐，而让花篮掉进她的缸子里。其他更为幸运的种子从某条小河的源头流出，然后被大河的水流接住，一路送到远方岸边，为其装饰前所未有的新绿。
>
> 有些则是越过广阔的海洋，在远航后被暴风雨推上岸，而为当地装点增色。像是位于东非外海的塞舌尔或马埃岛的海椰子，每年都被大海送往四百里格外[1]，卸放在印度西南的马拉巴尔海岸。住在那里的印度人长久以来深信，那些奇特的海洋赠礼必为生长在波涛下的棕榈所产。他们称之为海椰子，认为它具有神奇功效，甚至将海椰子的价值看得和龙涎香一样高，情况之离谱，甚至让许多海椰子卖到每颗一千克朗。然而，法国人于几年前在南纬十五度发现出产海椰子的马埃岛，将它大量输入印度，结果海椰子的价格和名声立刻坠入谷底……

康多尔说，海椰子（大实椰子）“数世纪以来，从塞舌尔群岛的普拉林和隆德被大量传送到马尔代夫群岛”，但终究未能在当地成长起来。圣皮耶也说：

> 海洋将大量茴香种子抛向非洲西岸外的马德拉岛海岸，使得该岛一处海湾被称作丰沙尔，即茴香湾之意。
>
> 现代水手毫不留意这些海上种子及其航线，但从前的野蛮人就是凭着这些，才能发现在他们居住地的上风处，存在着岛屿……凭着类似迹象，哥伦布也才确信，另一个世界真的存在……

（椰子树）只在海岸沙地长得好，通常在内陆就会变得毫无生气……

一六九〇年，哲学家卢古阿和他那些不幸的同伴，成了印度洋罗德里格斯小岛的首批居民，该岛位于模里西斯的弗朗西斯岛以东一百里格。他们一行人并未在岛上发现任何椰子树。然而，正好在他们短暂居留的期间，大海将数颗发芽的椰子冲上岸，仿佛天意要以这种有用且及时的礼物，劝诱他们留在岛上，并开始耕种。

某位作者曾列出各种被冲上挪威海岸的美洲植物果实，有的“很新鲜且发了芽……这些果实通常包括阿勃勒、腰果、葫芦、巨榼藤的豆荚（在西印度群岛被叫作茧）、毒鱼豆（英国伦敦上流社会年轻女子称作山茱萸）的豆荚，还有椰子”。



---

[1]里格，英国旧时的长度单位，1里格合4.83公里。

第八章
敌消我长的松树与橡树

我并非总按照观察的先后来陈述，而是从一连数年的许多观察之中，挑出最重要的一些，然后以自然顺畅的顺序描述。

约莫五年前的一个早晨，我前往康科德西部的一片林地探察，路上经过树林里的一大片土地，那里原是一座特别茂密而单纯的白松林，几年前遭砍伐后，如今由同样茂密的矮橡树占据着。我的雇主是个一生都在买卖林地的老人家，他看向这片林地，对我提出了那个很常见的问题，问我能否告诉他，为何松树林被砍掉后会冒出橡树林，而橡树林被砍掉后会冒出松树林。

碰巧我早就在注意这件事，甚至还曾检视这片树林里某个未被砍伐的部分，借以了解相关事实。因此，这件事对我来说一点都不奇怪。由于我不知道有谁清楚谈过此事，因此我将着重于这一点。首先，谈到松树总是或经常被橡树接替，而橡树常被松树接替，我能举出很多这种例子，不过现在只要来谈上述这个案例就已足够，其他事例将留作其他用途。

上述松树林地是本镇最密、最纯的松树林，这是每位熟悉本地林地的人都知道的，整座树林又暗又深，是蓝冠鸦和红松鼠的藏匿处。在那些松树被砍伐三四年后，同一片土地便由同样茂密且树种单一的矮橡树占据。同时，这片林地被交付拍卖，立即就被我两位不懂林地的邻人买下，他们只想着橡树就是橡树，也可能是因为听闻此处土壤长过那般的松树林而上当。那位跟我一道骑马的老农也参加了那场拍卖，若非价钱喊得太高，原本也有意买下。他断言，按照这个速度，那两位买家虽然年轻，却不会在有生之年看到任何像样的树林在那块土地上长成——而他们唯一的办法，就是砍树烧地，然后重新开始。尽管如此，我仍怀疑那会不会是最好的做法。他一边拨开遮住视线的矮橡树，一边问我能否告诉他矮橡树有何用处。

显然这里原先只有松树。那些松树被砍掉后一两年，你就看到橡树

及其他硬木在那里冒了出来，其间几乎没有松树，而通常令人惊讶的是，橡树种子怎能埋在地里经久不烂。其实，这些种子并非埋了那么久，而是每年由各种兽类和鸟类新种下的。

在这附近，松树和橡树的分布状况相当，如果你细看那些最密的松树林，即便是看似纯种的北美油松林，通常仍会发现里头长出许多幼小的橡树、桦树和其他硬木树，它们是由松鼠等动物带来，或由风力吹来的种子发出的，但它们在松树林的遮蔽下，往往遭到扼杀。常绿树林长得愈密，里头就愈有可能播满这些种子，因为那些播种者偏好带着粮食到最茂密的隐蔽处吃。它们也把粮食带进桦树林和其他树林。这般播种工作年年进行着，而最老的苗木也年年死去；然而，只要松树一被清除，那些橡树获得它们需要的机会、把握有利形势，就会立刻长成大树。

茂密松树林的树荫有碍小苗木生长，而同类树苗的受害程度更甚于橡树苗，不过在松树林被砍倒后，如果地上正好留有完好的松树种子，松树苗就会大量冒出。然而，当你砍掉一片硬木林，混在里头的小松树也得到类似机会，因为松鼠已将硬木的坚果搬去松树林，而非较为稀疏开阔的硬木林，而且它们通常把坚果清运得相当彻底；再说，如果那是片老树林，那么小树苗原本就处于羸弱甚至衰败的状态，更别提土壤已耗尽该树种所需的养分。

如果一座松树林被白橡林包围着，那么白橡树可望在那些松树被砍之后接续而起。如果前述的松树林被矮橡树包围，那么你就可能得到一座茂密的矮橡树林。

我无暇细谈，只能简要言之，当风把松树种子吹进硬木林和开阔地，松鼠等动物则把橡实和胡桃搬进松树林，树种的轮作于是持续进行。我在多年前早已断言此事，后来我偶然检视若干浓密松树林，结果亦证实这番看法。松鼠会把坚果埋在地里，此已久为观察者所知，但我不知道有谁曾如此解释森林的有规律演替。

松鼠的造林作业

一八五七年九月二十四日，我在镇上沿着阿萨伯特河泛舟而下，看见一只红松鼠沿着岸边草丛奔跑，嘴里还衔着一个大东西。它停在一棵铁杉底下，离我大约数竿远，接着用前脚匆匆扒出一个洞，把战利品丢进去、掩盖起来，然后撤往树干中段。当我靠岸去检视它的存货，这只松鼠往下爬了一些，显得很担心它的宝物，试探两三次想要取回，最后还是撤退。我在那里挖掘，发现两颗连在一块的未熟山核桃带着厚壳，埋在红色的铁杉腐叶泥底下一英寸半处——正好是适合种植的深度。总之，这只松鼠就这样完成两件事，一面为自己储存冬粮，一面为万物种下一棵山核桃树。如果这只松鼠遇害身亡，或者忘了这份存粮，那里就会长出一棵山核桃树。离此最近的山核桃树位于二十竿外。这些坚果于十四天后还在原地，不过当我再次查看时已经不见了，那是在十一月二十一日，亦即再过六周之后。



我在此后更加仔细检视数座密林——据说它们都是纯松树林，而且看起来也是如此——总是得到相同的结果。比方说，我在同一天走进一片范围虽小但极为茂密而漂亮的白松林，其面积约为十五竿见方，坐落在本镇东边。那些树在康科德算是大的了，直径为十到二十英寸不等，而且是我见过最纯的松树林。确实，我之所以选择这片松树林，是因为我认为此处最不可能包含其他树种。该松树林坐落在一片空旷的平原草地，只有在东南边邻接另一小片松树林，那座小松树林里有一些小橡树。白松林在其他各边距离最近的树林至少都有三十竿远。站在这片松树林边上向内看去，地面平坦而无林下灌丛——多为裸露的红色土面——你会以为里面没有一棵硬木树，无论是老树或小苗都没有。然而，仔细检视林中地面后，我才发现——其实是在我的眼睛习惯这般搜寻之后才发现——在那里，跟稀疏的蕨类和矮小的蓝莓交替出现的是小橡树，小橡树不仅四处可见，出现频率很高，每距离五英寸就有一株，树高为三到十二英寸不等，而我在其中一处发现有颗未熟橡实掉在松树根部。

坦白说，我很惊讶我的理论能在这个例子里获得这么完美的证实。参与这场种植的主角之一，就是红松鼠，它在我审视其造林成果时，一直好奇地审视我。有些小橡树已被来到树林寻求遮阴的牛所啃咬。

假设这片林地的面积为十五竿见方，那么里面就有两千五百棵小橡树，也就是松树数量的五倍多，因为那里的松树不及五百棵。在众多类似这样的情况中，地主和伐木工都会跟你说，林地里一棵橡树也没有。其实，局势是反转的，以数量而论，倒不如说这是一片纯橡树林，而且里面没有松树。确实，外观是会骗人的。此外，我还要在此说明，这些松树年约四十岁，在地面铺着一层厚达一英寸到一英寸半的松针，林中没有任何更高龄松树的残根，但老橡树的残根却仍很常见。简言之，那些松树曾经占据了一座橡树林，并准备让另一座橡树林来替代自己。

松树林是橡树的天然苗圃

接着，我又检视本镇西边的一块北美油松林地，该处松树林系于一八二六年从被焚烧过的土地冒出。林中没有别的植物超过灌木的大小，随意看看的人只会发现北美油松底下冒出来的一些小白松，但树木基部之间的地面却像原来的草地一样裸露而平滑。这是我所知最茂密的北美油松林，因为这里虽然曾被彻底翻过，而且只有十二到十五竿宽，但从某些方向却无法望穿。最近的一座树林位在二十竿外，其他树林更在五倍距离外，然而，仔细一看，我发现这里长着不少橡树苗。我随意选了一处橡树苗看来最多的地方，在十五平方英尺的范围内，算出有十株橡树苗，而我在相同面积内却只能找到五株北美油松；根据这个比例，林中的橡树为北美油松的两倍。

在某些情况下，我曾经仅在半打松树底下就发现数百株橡树苗。

一般人最初的想法，会认为橡树苗大多应该出现在结出种子的橡树底下和周围，亦即在橡树林里；然而，当我去橡树林寻找，却发现那里的橡树苗显然比松树林底下的来得稀少且羸弱。

然而，由于我不满意自己为此对橡树林进行的检视，因此在某天下午决定带着铲子从某座纯橡林挖出十株橡树苗，再到某座纯松树林挖出相同数量的橡树苗，然后加以比较，我自认这么做是很聪明的方法。

我寻找的是一英尺以下、容易挖掘的树苗，一经发现，就把它们带走。

我首先检视一座小却茂密的橡树和山核桃树混生林，这座树林尚未老到能结种子，但毗邻着一座较老而能结种子的树林。然而，经过仔细搜寻，我没能在那里找到一株年轻橡树。

我接着前往一片广阔的橡松混生林，并在橡树为最主要树种的部分进行搜寻。那些橡树皆为二十五到三十岁，但每隔两三竿通常都有一棵细瘦的松树。那里有许多三四英尺高的矮橡树，然而，我找了三刻钟后，最终失望了，而我担心我没有时间再去检视另一座松树林，因为我只找到三株所需的橡树苗。

然而，我发现是否在那里找到十株橡树苗并不影响我的检视结果，于是转进一座年轻的北美油松和白松混生林。这座树林是从邻接上述树林的草地长出，里头就有数千株我正在找的小橡树苗，时值十月，它们染红了好几处地面。我立刻挖了十株橡树苗，它们无疑是发自前述树林所产的橡实。

如今我已检视过许多茂密的松树林——北美油松林和白松林都有——还有数座橡树林，借以查看里头长了多少橡树苗、橡树苗种类为何。我会毫不犹豫地说，不满一英尺的橡树苗在松树林里要比在橡树林里多得多。橡树苗在松树林底下长得茂盛而繁多，但在橡林底下却很难找到，而你能找到的那些通常（无论原因为何）有着老而腐坏的根部和羸弱的嫩枝。



尽管橡实产自橡树而非松树，但事实则是橡树苗（高度在一英尺以下者）在橡树林底下很少，而松树林底下却有数千株。要我前往某座浓

密纯橡林寻找一百株这种尺寸适合移植的橡树苗，我才不会答应这样的差事呢，但我能在松树林底下轻易取得数千株。

的确，人们似乎不知松树林是橡树的天然苗圃，只要我们让松树林矗立着，就能轻易从那里把橡树苗移植到我们自家的土地上，救出一部分每年都会随着时间衰败的树苗。无论如何，这些橡树将要承受阳光，因为这是它们的命运。

因此，正是这个原因让橡树和松树经常长在一起，或长在同一区域。如果我没弄错的话，我们的橡树和松树（北美油松和白松）在分布范围上几乎相同。或者，也许前者的分布要比后者更往南一些，因为南方比较少霜害；而后者的分布要比前者更往北延伸，因为在那里，就连松树的掩蔽也无法保护橡树抵抗严寒。或许，橡树生长最盛、木材质量最佳的地方，就是气候冷得让橡树在起初需要松树林的庇护，却没有冷到在有松树林保护下仍会冻死的地方。纳托尔在其《北美林木志》谈道："橡树……仅分布在北半球……东半球有六十三种，而北美洲，包含新西班牙地区在内，约有七十四种。美国拥有其中大约三十七种，而新西班牙地区也有相同的种数。"

我也注意到，这些小橡树大量长在桦树林里，那里为冠蓝鸦、松鼠及其他搬运橡实的动物，提供可以藏身的密林。总之，在这附近，只要一有松树林或是桦树林长成，松鼠和鸟类就开始在里头种橡实。

然而，值得注意的是，通常在空旷的平原或草地上不会出现橡树苗。大多种类的橡实要是掉在那里，都不太可能长成。极少数在这种地方发芽的橡实，似乎都是鸟和动物在前往另一个藏身处的途中落下或埋下的。因为，我敢说，那些树，每一棵都是起自一颗种子。每当我在原地检视这些年仅两三岁的小橡树时，总会看到它们原先发芽冒出的空橡实。

种子的生命力

并非长过橡树的地方，就有种子在地里休眠——如同很多人相信的那样，而且大家都知道，我们很难长期保存橡实的生命力，将它们顺利运到欧洲。劳登在《英国的乔木与灌木》中建议，最安全的做法就是在航程中将橡实置于罐中发芽。这位专家指出，“任何种类的橡实都鲜少能在保存一年后萌芽”，他还说山毛榉“只能保有生命力一年”，而黑胡桃“很少……在成熟后超过六个月”。我经常发现，到了十一月时，几乎每个留在地上的橡实都已萌芽。柯贝特谈到白橡，他说：“如果暖雨在十一月到来，这在美洲经常发生，那么还在树上的橡实会在被风摇落前就开始萌芽。”一八六〇年十月八日，大量白橡橡实在半悬半落的状态下，全都已经萌芽，从而我能轻易相信，橡实偶尔会在落下之前萌芽。然而，某位植物学作者却说：“埋上数世纪的橡实，一被挖出，很快就开始生长。”值得注意的是，橡实腐坏起来真是又快又莫名。打开许多我从树上采来的橡实，虽然外头看起来完好，但里头却有一侧或全部已经变色或开始腐坏，即便其中并无虫子。由于霜冻、干旱、潮湿和虫子，大部分橡实很快就会坏掉。

乔治·埃默森先生在其杰出的《麻州自然生长的林木报告》中谈到松树：“这些种子的生命力极为顽强，在森林的凉爽和浓荫保护之下，能在地里多年保持不变。然而，一旦森林被移除、阳光温暖地进入，它们就会立刻生长起来。”由于他并未说明这番言论是基于哪项观察，因此我必须质疑其真实性。此外，参照园丁的经验，上述言论更是可疑。据劳登所述，鲜少有球果植物能以任何已知的人为方式来保存种子的生命力超过三四年，不过他说，海岸松的种子往往要到第三年才会发芽。

有些故事这样传说，随着某位古埃及人埋葬的种子，后来长出小麦，还有发现于英格兰某位死者腹中的种子长出树莓，而这人大约死于一千六七百年前，这些说法一般都不被采信，因为相关证据并无说服力。

许多科学家——包含卡本特博士在内——曾用缅因州距海四十英里挖出的沙子长出海滩李一事，来证明海滩李的种子埋在那里已久，有些人还据此推论海滩已倒退了这么远。然而，在我看来，他们的论点须先证明，海滩李只长在海滩。卡本特博士说，这种植物“从未见于海边以

外的地方”。海滩李在距海大约二十英里的康科德并不罕见，而我记得本地以北几英里，距海二十五英里处，有一片茂密的海滩李，那里的果实年年都被运到市场。海滩李能在距海多远的地方生长，我并不晓得，但杰克森博士提到他在缅因州距海超过一百英里处曾发现过海滩李（或许是同一种）。此外，海滩李似乎在沙地就能长得很繁盛，无论距海多远，而本地其中一片海滩李就长在我们仅有的一处沙漠。类似的反证正好都驳斥了记录上那些有名的例子。

然而，我仍愿相信有些种子，尤其是那些小型种子，能在适当环境下保存生命力达数世纪。一八五九年春季，镇上那座被称为亨特屋的老宅遭到拆除，它的烟囱上头还标记着一七〇三年的日期。这座屋子坐落的土地属于马萨诸塞首任总督——约翰·温斯罗普，整座屋子有一部分显然要比上述日期还老得多，而且同样属于温斯罗普家族。多年来，我一直在这一带搜寻植物，我自认相当熟悉这里产出的植物。据说，有些种子偶尔会从地下不寻常的深度被挖出，从而再度产出绝迹已久的植物，此事让我在去年秋天想到，在那屋子里隔绝光线已久的地窖，可能会有某些新的或稀有的植物长出来。我于九月二十二日在地窖搜寻，除了发现一些杂草，还找到一种欧荨麻，这是我不曾找到过的植物；莳萝，我没看过自发长出的；香藜，我只在一处看过野生的；龙葵，在这附近很罕见；还有烟草，烟草虽于上世纪普遍种在这里，但在近五十年来不见于本镇——几个月前，就连我也没听说有谁在本镇北部种植几株自用。我毫不怀疑部分这些植物或全部，是发自长埋那座屋子底下或周围的种子，那株烟草更证明这种植物曾在这里被种植过。那座地窖在今年被填起，上述包括烟草在内的四种植物，如今再度于该处绝迹。

向大自然交税

确实，我已说明了动物会消耗大部分树木的种子，起码有效地阻止那些种子长成树木。然而，如前所述，在这种情况下，消耗者也同时被迫成为传播者和栽种者，而这就是它们向大自然交的税。我记得林奈说过，当猪用鼻子在翻找橡实，同时也正在种植橡实。

某种树木接替或取代另一种树木的方式，还有好几种。最常发生的是，一场大火烧遍一座继纯种松树林而起的橡松混生林，松树全都死了，而橡树却从树桩重生。健忘或粗心的地主，或许会很惊讶看到那里出现一片纯橡树林。

此外，就连那些较重的种子，例如橡实和坚果，也会被水流运送相当远的距离。春天的融雪或降雨的水流，经常将栗子从山丘冲进洼地，栗子也因此被运送了一小段距离。

当你在秋天穿越树林，偶尔会听见好像有人折断树枝的声音，当你往上一瞧，就会看到一只冠蓝鸦正在啄击橡实；或者，你会看到整群冠蓝鸦在一棵橡树顶上，听到它们摘下橡实。接着，它们飞到一根合适的大树枝上，忙碌地敲着橡实，不时环顾四周，看看是否有敌人接近，然后很快地啄到果肉，开始一点一点地吃。它们一边抬头吞咽，一边以爪抓牢尚未吃完的橡实，然而，橡实往往在冠蓝鸦还没吃完时，就已经掉到地上了。

当天下午，我先在松树林挖好橡树苗，然后再往前走向一座白松林。那座松树林于二十年前从草地长出，我在那里也发现大量橡树苗。当我正要走出林子，就看见一只冠蓝鸦冲着我直叫，飞向一棵高大的白橡树。那棵树长在草地上，距离松树林边缘八到十竿。它才刚飞降在那棵橡树上，马上又冲向地面捡起一颗橡实，然后飞回松树林。这显然是那座白松密林底下被种下大量橡树的方式之一（可能是最主要的方式）。

经过更仔细的检视，我发现那棵大白橡对面的橡树幼苗，几乎全是白橡，而我确信，借着查看松树林外围或附近的空地长着哪种橡树，我就能知道在那座松树林底下，所能找到最多的橡树是哪一种。就算橡树

长在远处又如何？你想想，冠蓝鸦往返两地的速度多么迅速，而一天内的往返又有多少次！

仅在两天后，我坐在上述松树林三英里外的另一座松树林边缘，看到一只冠蓝鸦飞到六竿外一棵长在草地的白橡树，并从地上捡起一颗橡实，然后飞回树上。它站在树枝上，一脚踩住橡实，用鸟喙反复敲击，动作虽快，但样子却是笨拙地起伏摆动——因为它得将头高举，才能获得必需的冲力。

总之，这是这个季节（十月）很常见的景象。冠蓝鸦如今持续活跃往返于结籽的橡树和松树林之间。如果我现在造访这附近所剩无几的一座橡树林，那么迎接我的声音，往往就只有被橡实引去的冠蓝鸦所发出的尖叫。如果我造访的是在草地上孤立生长的白橡树，就我所知，它们结的果实特别丰盛，那么冠蓝鸦会在几乎每一棵树上叱责我，因为我妨碍了它们的好事。

从另一方面来说，无论任何季节，都没有哪里要比浓密的松树林更容易找到冠蓝鸦，它们常在那里生活并筑巢。我可以证实巴特拉姆写给鸟类学家威尔森的叙述无误：

> 冠蓝鸦是大自然体系里很有用的一种媒介，它们能帮忙传播所取食的林木和其他能结坚果和硬核果实的植物。它们在秋季的主要工作就是到处搜罗冬季存粮。在进行这项必要任务时，它们总会在飞行途中掉落大量种子在田野、树篱，还有栅栏旁边——它们飞降该处以便将种子放进插着栏木的洞里。惊人的是，经过一个多雨的冬季和春季，田野和草地竟然就冒出了大量小树苗。单靠冠蓝鸦的播种，就能在几年内让所有清理过的土地长出树来。

松树林里的橡树苗

还有很多事情得从检视不同地点的橡树苗的根与芽来了解。去年十月十七日，我从一座橡松混生林取了一株五英寸高的红橡树小苗。它的大橡实侧躺在土壤里，被一层松散的湿叶覆盖着，受到遮阴与掩护。综观长度和宽度，地上的部分要比根部来得粗壮。根部在橡实的底下陡然后弯，如图手绘红橡树小苗芽与根的伸展模样所示：那颗大橡实依然极为完好，让我认为这橡实不仅在头一年提供小苗大部分的营养，而且必定在第二年继续供应一段时间。

一八六〇年十月十六日，我在康南特的北美油松和白松混生林挖了四株橡树苗。在这整片林地里，最大的橡树苗约为一英尺高。

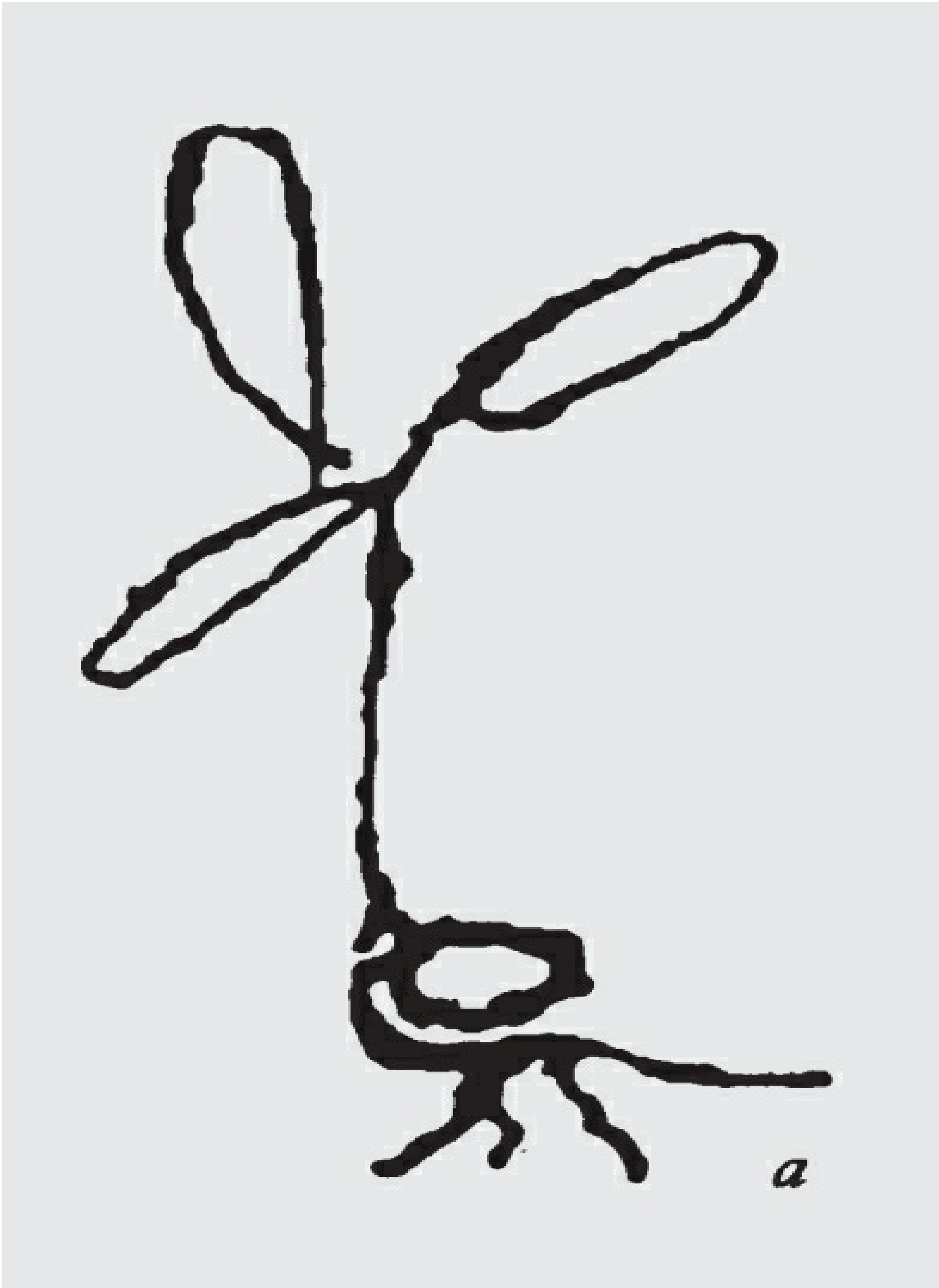
第一株是红橡或可能是猩红橡，树龄显然有四岁了。橡实约在叶泥表面以下一英寸处。枝叶在叶泥上方长到五英寸高，根部深入地表以下约一英尺。

第二株是黑橡，在叶泥以上有六英寸（或八英寸，沿着茎量），看来也有四岁。这株分枝较多，而顶端部分在去年曾被兔子咬掉。根部直直往下伸展了大约一英寸，然后朝着近乎水平的方向长了五六英寸，当我一拔，它就断在地下十六英寸深、不到八分之一英寸粗的地方。地表上的主茎直径为四分之一英寸粗，在地下五英寸深处（沿着根量），则将近四分之三英寸粗。在地上五英寸处，几乎不到五分之一英寸粗。

第三株是白橡，有十英寸高，树龄看起来有七岁。同样也被兔子啃过，因而抽出新芽。头两年的生长部分埋在叶泥里。根部发展的方向和形状都很像前一株，只是没那么粗。



红橡树小苗


a

梭罗手绘红橡树小苗芽与根的伸展模样

第四株是矮橡树，也很像前几株，只是更细，从主茎发出两三根嫩枝。

在这几株橡树上，尤其是前三株，都有一个主要而出奇硕大的纺锤状根部，完全跟地上部分不成比例。这根在地下四五英寸深处最粗，两端较细——但当然，最远、最细的根是往下方延伸——并在根的四周以约略水平的方向冒出许多长约一英尺的须根。正如两年生植物会在首年把精力用于长出能在次年供给养分的主茎，这些小橡树同样也在最初几年形成这些粗大、肉质而富有活力的根，让它们在萌芽林地一抓到发展的机会，就能立即取用。

任谁初次挖到这些健壮、外形像根胡萝卜的橡树根时，都会大吃一惊，他会突然了解到，这是树木为了森林演替而特别准备的储粮。这种根为年轻橡树独有，很明显的是要在地上部分遭逢意外时，作为援用的资源。他也会感到惊讶的是，这些短小而看似羸弱的细枝，不比乌鸦的翎毛粗，竟能在地里扎得这么牢，因为这些根并不像胡萝卜那样垂直往下长，而是在橡实底下朝着约略水平的方向伸展二至六英寸，但通常并非直线生长，而会转半圈或一圈，略似一副把手不超过六英寸的曲柄钻——接着，在达到最粗后，直直往下而去。如此，侧视如ɑ，或俯视如b。我带回家趁闲检视的那二十二株不同种的橡树苗，没有一株的根部是直接垂直往下长的，而是全在橡实底下转向一边，然后约略水平或倾斜生长一至五英寸，或者说平均三英寸。另一株从上面看来转了两个弯，俯视如c，从侧面看来转了三个弯，而且扎得很牢，侧视如d ——所以每次根部尚未拔起，上面的枝叶总会先断。我认为，这些根的第一个横向转弯，来自幼根在橡实底下弯回的姿态。橡实在橡树长到五六岁时，仍然很容易看得到。



梭罗手绘橡树小苗根的生长情形

a. 第一株侧视：看起来有如一副曲柄钻。b. 第一株俯视：根先水平生长，再往下长。c. 第二株俯视：根转了两个弯。d. 第二株侧视：根转了三个弯。

橡树林里的橡树苗

橡树林底下的橡树苗和松树林底下的橡树苗明显不同，不仅数量极少，通常也老得多，根茎也较腐朽而病弱；所发出的嫩茎细长而羸弱，往往倒卧在叶泥底下。十月十七日，我在华伦家山丘林地这处二十到二十五岁的纯橡树林发现大量未满一英尺的小橡树；不过，一经检视，那里的实生苗要比浓密松树林里来得少。那些小橡树大多发自某根在叶泥底下横生数英尺的树枝末端，而那根树枝则连接到地面下的一株老旧残根——可能是一株更老、更大、更腐败的实生苗。我所谓的“实生苗”指的是发自种子的年轻橡树，它们的地上部分从来都没有地下部分大。

在埃默森林地的东南部——此处以橡树为主——我检视两根从落叶地面冒出八寸的细长橡树嫩茎，往下探去，我发现一小段残根，起初我误认那是一个很老的根或较大树木的一部分；然而，将其挖出之后，我发现那属于一株真正的实生苗，拥有常见的那种纺锤状而弯曲的样子，有十五到十八英寸长，至少有八分之七英寸粗，反观最长的嫩茎只有八分之一英寸粗和十英寸高。这株实生苗在六年前死过一次，然后这两根细长嫩茎——就像你常在老树林看到的那种——就长了出来。这根在该实生苗半死时可能有十岁大，因此现在约为十六岁。然而，如我所说，这株橡树只有十英寸高。它正在受苦，将逐渐衰弱、死去。

再来说我挖到的那些树苗：在前面提到的那天下午，我打算去橡树林和松树林各采十株小苗，我将那些小苗带回家，趁着空闲时加以检视比较。如我所述，有三株橡树苗来自橡林。最小的那株就像松树林的那些橡苗，但其他两株则拥有特别老、硕大、不规则而扭曲的根部——长成多瘤的椭圆形疙瘩，发出的嫩茎死过好几次。你会以为自己碰到一个死后埋在土里的残根。比方说，最大的那株是红橡，长了一根九英寸高的嫩茎，在地面为八分之一英寸粗，看起来有三岁。其根部断在八分之一英寸粗、大约地下十八英寸处，而在地下三英寸处，这根部为一又八分之三英寸粗。侧边或水平须根有一条为一英寸长；其他两根略为扁平，已经长成粗根，朝向水平方向长了二十英寸，而这些也断了。这两条侧根和主根一样长，其中一条在地下三英寸处约为半英寸粗，而且完全水平。这植株因此牢牢扎在地里。

我数算那些死去的残枝或嫩茎基部，其中有好几个是现存嫩茎的两

三倍大。如果同一时间仅有一个活着，每个只活三年就腐坏（它们或许能活到这个时间的两倍），那么这条根就有三十岁。然而，假设同一时间活着的嫩茎有一个半，那么这条根就是大约二十岁。简言之，我认为这个根可能跟周遭的大橡树同龄，亦即大约二十五岁。

从我的经验来看，我认为，那些从橡树林地面冒出的细短枝条，虽然通常被认为起自大树的根部，但其实是发自这些在地里腐坏的实生苗老根。

取自北美油松和白松混生林的幼苗有十九株——包括白橡、矮橡、黑橡，或许还有红橡——平均高度为七英寸，平均根长为十英寸，最粗的部分为八分之三英寸。里头有好一些是矮橡苗，这多少可以解释这批橡苗为何长得细长，不过最大的那些也不像我通常挖到的那么粗壮。现存嫩茎的平均年龄为四岁，但超过半数至少死过一次，因此它们真的要比起初看起来还老得多。它们在接近地面处都有一圈休眠芽，准备在原先的嫩茎受伤时长出枝叶来。

至少会有一根嫩茎被兔子咬断、死亡，这是经常发生的事。

少有橡树苗长在橡树林底下的另一项证据就是，比起年轻的橡树林，所有老橡树林里头都少有或没有林下灌丛，因此你虽在密林中，仍可自由行走。

接着出现的问题就是，为何橡树林里的橡树苗如此稀少而病弱？

首先，可以确定的是，一般而言，橡树需要的养分在老橡树底下的土壤耗用得比在老松树底下严重。卡本特曾谈到叶子的有害分泌物质，他说：“少有植物能在山毛榉落叶形成的土壤里生长，而橡树……在其根部周围土壤注满丹宁酸，导致少有树木能在橡树被根除的地点生长。”这显然不会对松树产生很严重的伤害。

其次，橡树林底下的橡树苗，在春天面临霜害时受到的保护最少，而那时它们才刚抽叶。不过，从根部萌糵的苗却是很普遍。这或许是因为橡实、小橡树和松鼠都爱温暖；而常绿茂密的松树林底下的地面，不会像会落叶的橡树林底下冻得那么严重。

最后，松鼠和冠蓝鸦都会把粮食带往常绿树林，而橡树结的橡实不多，但这些动物却几乎把所有完好的橡实都带走了。

这些是我想到的一些原因，但我还不是很明白。

橡树的最佳保姆

如我所说，几年过后，硬木树显然发现这样的地点不利生长，因而松树得以矗立。我可举个例子，我在上述第一片松树林里，看到一棵才被弄倒不久的二十五英尺高的红枫——似乎是被风吹倒——上面仍长满绿叶，那是该座树林唯一的枫树；在另一片树高超过二十五英尺的北美油松和白松混生林里，我看到所有跟松树同时种下的糖枫都已垂危。

我希望了解橡树苗在浓密松树林里能活多久，于是检视画眉小径旁的北美油松林，结果发现，松树浓密处的最老橡树苗为八到十岁，不过，在仅仅一竿之外、松树较稀疏的小块林间空地，橡树蹿得更高，正要变成大树。我在康南特那片北美油松和白松混生林地，找到最老的橡树是一棵十三岁的黑橡。然而，我并未在这些和其他浓密松树林底下看到任何更老的橡树，即便我毫不怀疑橡树早在二十多年前就开始在那里生长。因此，它们一定死了，我认为我能在地里发现它们死去或腐坏的硕大根部，只要我特地去挖掘寻找。

在梅瑞安姆那片面积大上许多的白松林里——林下颇为空旷——我看到最老的小橡树为五岁大、六英寸高。我认为它们在一片极为浓密的松树林里只能存活六到十年。然而，如果你砍倒那里的松树，橡树就会开始迅速成长，取代松树的地位。举例来说，为了确定砍掉松树对林下橡树苗的影响，我于十月三十日造访郝斯莫的北美油松林，该片松林有一部分在前一年冬天被砍伐。在这片树林被清理的部分，橡树明显地以全新活力萌发。

我暂且忽略根部萌蘖苗，即便它们未被砍掉（它们只因阳光和空气涌入，就从老根蹿生到三英尺高），而去测量最先看到的四株一英尺高以下的橡树苗在今年的生长幅度，发现平均为五英寸半。至于邻近松树林的头四株橡树苗，其平均生长幅度为一英寸半。你可以发现，这个测量法对被清理过的空旷地并不公平，因为我应该纳入那些更高的嫩茎——里头有许多是实生苗，即便并非全部都是。虽然松树如果不被砍除，这些橡树几乎都会死去，但在前几年，松树的庇护可能会让它们长得比在别处更好。

值得注意的是，英国人在做过广泛而彻底的实验后，终于决定采用

几乎就像这样的方法来栽培橡树，但其实这个方法早就由大自然及松鼠采用了。一两千年前，大自然无疑早在英国各群岛上施行着这样的方法，他们现在只不过是重新发现松树作为橡树保姆的价值而已。多年来，他们一直耐心地进行大规模实验，却不知不觉，一步步逐渐回归大自然的方法。

我在劳登的《英国的乔木与灌木》一书中，发现有一段有趣而详尽的记载，叙述着这些实验。他们似乎早已发现利用某种树木作为年轻橡树的保姆是很重要的，因为“橡树的幼枝和嫩叶天生难抵”霜害。首位论及该主题的作者史匹屈里，“发现桦树是最适合作为屏障的树种”，而如我们所见，桦树正是大自然在本地使用的树种之一。他“也发现，在山丘较贫瘠的地方种植荆豆，可以有效地保护橡树；因为他说虽然‘荆豆似乎会在一定时间内抑制橡树生长，但在几年后，我们通常发现最好的橡树就长在最健壮的荆豆苗床里’”。其他人用过欧洲赤松、落叶松和冷杉，但最终欧洲赤松——一种极为类似北美油松的树——被认定最适合保护橡树。劳登在著作中说“种植和保护橡树一事的最后结论”——是摘录自英国“政府在国家森林里的实务”，由亚历山大·米恩所编纂。

起初，有些橡树是和同样的橡树种在一起，有些则与欧洲赤松混合种植。然而，米恩说：

> 所有种在松树林里、被松树围绕（即便土壤可能较差）的橡树都长得更好……过去几年进行的计划就是，只用欧洲赤松来种成围篱……等到那些松树长到五六英尺高……再将四五岁大的健壮橡树植株置于松树间，最初并不砍掉任何松树，除非松树太过粗壮而遮蔽橡树。在两年内得修剪松枝，以便将阳光和空气带给橡树；然后，再过两三年，就要开始逐渐清光全部松树，每年除去一定数量，而在二十到二十五年后，连一棵欧洲赤松也不要留。不过，在最初的十到十二年里，整座造林地可能看来只有松树。这种种植模式的优点在于，松树能保持土壤干燥并改善土壤，消灭那些经常扼杀和伤害橡树的粗草和悬钩子植物；还有，不需进行任何补植，因为如此种植的橡树几乎没有一棵会失败。

这些是英国植林者凭着耐心实验而发现的，据我所知，他们还以此取得专利；然而，他们似乎没发现这些事情早就被发现了，也没发现他们不过是采用大自然的方法，而大自然早已将此专利让与所有人。大自然一直都在松树林里种橡树而不为人知，最终，我们并未送去政府官员，而是派出一群伐木工前去砍掉松树，从而救了一片橡林，我们却为

此纳闷，好像那是从天上掉下来的。

而且，英国人丝毫没有了解到，他们在此个案中并非原创者，而他们的“技艺与计划”也跟“未受协助的大自然”的做法一样，因此，在以上摘录出处的那部专论里，当“史匹屈里先生提到他发现橡树苗并未被长在它们之间的高大草类损害，而是被其改良”，该专论的作者便评论，这“似乎违背植物的本性，因而必定是一种不该普遍遵循的做法，因为这些高大草类必然阻止阳光和空气，对橡树苗的叶子产生完全的影响。无论在这个例子，或其他类似个案都一样”，我们不得不对这位作者的评论感到惊讶，他还说“可以订下这样的原则，亦即，在所有栽培之中，整个过程的每一步骤皆应按照技艺与计划来控制，任何事情都不要，或者至少尽量不要，留待不受协助的大自然去发展”。他不知道的是，他所说的“技艺”就跟那位原创者兼橡林种植者所用的是一样的，因此，他顶多只是重新发现一项失传的技艺而已。

我们会发现，在英国人开始修剪松树和桦树的时候，还有在砍伐清光它们的时候，那些橡树的树龄明显符合我发现橡树能在松树底下存活的年龄。

如果有人认为，动物掉在或种在松树林里的橡实，不可能像松树林被砍后冒出的橡树一样多的话——多到足以占据地面——那么我会先说明，英国专家建议在每英亩地种植的橡实数量为六十到五百个不等，平均值约为二百四十个，亦即一竿距离内一个半，虽然最终在一竿内存活的不超过一株，而能长成大树的就更少了。

在本镇最茂密的老橡树林里，我借着计算其中一个部分，推算出每英亩地的树木不会超过一百八十棵，亦即每平方竿为一棵多一点，那些树木大多由于相当密集，而不能长得很大或展开枝叶。每当它们长得更大而展开时，就会占据比这样更多的空间。接着就让读者想想以下这点——根据我们的观察，年轻橡树可以存活大约十年。那些动物拥有十年时间去种植许多像这样的松树林。因此，如果整片土地为一百平方竿，那么它们只需每年种下十颗橡实，假设每颗都能长大，就能在十年之末时，让每平方竿都有一株橡树。这样或任何类似情况下，都不需要那些植林者的大规模行动。一只条纹松鼠跑一趟，就能在颊囊内塞进一年所需的所有橡实。

总之，我们看到动物所种的树，远多于此。

第九章
为森林植树的动物们

栗树的秘密

我在十月十七日下午出发，特地去查明栗树如何传播。栗树在这一带不曾像松树和橡树那么常见，也就是说，没有那样广泛传播；虽然，栗树也会形成大片的树林，但只局限在某些地方。任何一片干燥林地被砍伐后，几乎可以确定地面很快就会被橡树或松树覆盖，只有在某些不寻常的地方，我们才能期待有栗树冒出来。

此外，这附近的栗树林木在过去十五年内迅速消失，原因在于它们被广泛用于铁路枕木，还有栏杆、木板以及其他用途，因此现已变得相当稀少而昂贵；如果我们不特加照顾，这种树恐怕会在这里绝迹。

目前最近的栗树林位于康科德村庄中央的东南方大约一英里半处。我前去那里的路线是先穿越村庄南边的旷野和草地，大约经过一英里，我就进到一片广阔的松橡混生林，往东一英里靠近林肯郡界的地方，就开始出现一些栗树。



我一进入那片树林，就开始仔细寻找橡树苗，而我马上就在一处几乎纯为橡树的地方惊见一丛六英寸高、紧密生长的小栗树。我把手伸到底下，轻易地将它们连根拔起——那是四株两岁大的栗树，曾在头一年时有部分枯萎过，但现在颇为茁壮，而原先那四颗大栗子还依附着，只是没了芒刺。那些栗子底下还有四颗小橡实，全都长出同为两岁的瘦弱小树，不过，奇特的是，这些小橡树不是死了就是生命垂危。这八颗坚

果全部埋在直径两英寸的范围内，现今落叶地面底下约一英寸半处，处于仅仅半腐的松散叶泥之中。我确信，它们是在两个秋天以前由某只松鼠或老鼠埋下的。

你鲜少会在这一带看到栗树苗，而我也不记得有遇见任何这个年龄的栗树苗，不过我很可能真的遇见过。我这次特地去找栗树苗，但没料到会这么快就发现。这就是去寻找某个东西和等它引你注意的差别。在后者的状况中，你对这样东西完全不好奇，因此可能永远都看不见。

然而，见到这些栗子令我惊讶，因为就我所知——而且我很熟悉那片树林——在该处大约半英里之内没有任何能结实的栗树，我还比较相信能在自家院子的人工松树丛里发现栗子。然而，有可能的是，在短短几年内，一两株先驱实生苗已在比起那里近得多的地方结出第一颗栗实。无论如何，任何熟悉这处林地的人，甚至包括地主，都不会相信会有一颗栗实埋在该林地里或其旁一段距离内的叶泥底下。然而，就我在当时和其后所见，我毫不怀疑有几百颗这样的栗实，已被兽类和鸟类置于那里。

这些小栗树，以及我后来检视的三四株同龄栗树，都没有年轻橡树的那种硕大根部。

我继续前进，翻山越岭穿越那片松橡混生林，迈向林肯郡，并将眼睛张得更大，现在我要找寻栗树，而非等着栗树召唤。这时我发现许多两三岁大的栗树苗，有些年纪更大，而且甚至有十英尺高。这些树苗四处散布，但随着我愈接近栗树林，数量变得愈多。我猜平均每隔六竿就有一株——黄色叶子让它们在褐色地面更明显——这让我很惊讶，因为我先前不曾关注栗树的散布。这些栗树苗每株都是发自某只鸟兽放在那里的栗子，而它们是从更往东的地方将栗子带来，因为只有那里出产栗子。值得注意的是，栗树苗跟橡树苗一样，在浓密的白松林底下最多，例如位于布里斯特泉的那片白松林。

已有好几个人告诉我，他们很讶异找不到可供移植的栗树苗。我本身也想取得一株十二岁的栗树苗，于是花了两天时间快速走过广阔的栗树林，却未看到任何一株我认为是树苗的。这跟年轻橡树的情形一样：栗树林里的栗树苗较难认出，而且确实远远少于毗邻的松橡混生林。在这种情况下，我最终不得不回到前述的混生林，在距离能结实的栗树四分之一英里外，挖下一株栗树苗。

简言之，根据我搜寻栗树苗和橡树苗的丰富经验，我学会略过栗树林和橡树林，只去松树林或者邻近的别种树林去找树苗。只有这么做才能得到想要的结果。

你会说，松鼠等动物为追寻栗子所走的距离，远甚于橡实，因为栗子更为稀少。我猜想，松鼠搬运栗子的距离，有时可能有四分之一或半英里之远。松鼠采栗子时，可能跟一个小男孩走得一样远。它一到那里，既不需摇动或击打栗树，也不用等待寒霜来打开刺果，而是直接走向带刺的果实，在果实还没有打开前，就将其咬下，掉落地面。树林里的栗子愈少，愈能肯定松鼠会想要带走每一颗，因为这对松鼠来说，可不是短暂的午后野餐，而是攸关生计的追寻，就像农人采收玉米那样认真。

无疑，一棵十五到二十英尺高的年轻栗树，在借由松鼠媒介而从栗树林深入前进到松树林和橡树林之后，只要结了一颗果实，都还没有人发现，就会有某只松鼠或鸟儿去采，然后种在附近，或者继续往前迈进——栗树林便如此往前拓展，逐渐演替取代另一种树。

如今，要紧的是，这些林地的主人应该了解那里正在发生什么，并以适当方式对待林地和松鼠。他们目前根本没想到此事，只着眼于某些丰厚的成果。这些人不曾想过他们所谓自家林地的未来发展。对于那些土地，他们或许已经有了自己的计划，却未考虑大自然的计划为何。只要我们明智地不去打扰大自然，或许就能在一个世纪之间，恢复我们的栗树林。

当你敲打、摇动栗树时，冠蓝鸦会尖叫，红松鼠会叱责，因为它们在那里做着相同差事，同行之间从来不能和睦相处。我经常在穿过树林时，看见红松鼠或灰松鼠掷下未熟的栗子果实，我有时觉得那些果实是要掷向我。事实上，松鼠在栗子产季极为忙碌，你不可能久立林中而没有听闻栗子落地的声响。有位猎人告诉我，他在前一天——十月中旬——看见一颗未熟的栗子果实掉在我们那片河岸草地，那里距离最近的树林五十竿，离最近的栗树又更远，他真不晓得那颗果实是如何来到那里的。

偶尔，当我在仲冬时节去采栗子，会发现一堆三四十颗坚果被树叶盖着，那是白足鼠留在自家地道的。某人告诉我，他儿子在二月里发现多达一配克[1]的栗子，就在树叶底下，平均分成一堆堆。据他说，是条纹松鼠放在那里的，他见过它们在吃那些栗子。另一人告诉我，他在林

中利用爆破来开辟沟渠时，发现将近一蒲式耳的栗子藏在一处岩石裂隙里，那是松鼠的屯粮。

---

[1]配克，英美谷物、蔬菜、水果等的干量单位。1配克等于美制8.809升。

橡树森林的创造者

是啊，这些浓密而绵延的橡树林，其枯叶染红了新英格兰地区好几英里的山丘，并沙沙作响，这全是由动物的劳动所种下的。经过几周的仔细观察，我不得不做出这样的结论，本地现有从橡实长出橡树林的地方，不是橡实的落地处——那是偶然才有的情况——而是动物掉落或放置橡实的地方。

想一想这些植林者所做的工作多么庞大啊！谈到我们最壮观的硬木林，动物们——尤其是松鼠和冠蓝鸦——就是我们最重要而且几乎是唯一的恩人。全靠它们，我们才能得到这份恩赐。松鼠可不是白白住在各处林木、空心圆木、围墙或石堆的。

因此，有人会说，我们的橡树林如此广阔且不可或缺，竟是出于某种意外事件，也就是，来自动物收成损失才导致的结果。然而，谁说动物未曾略微明白它们劳动的价值呢？在松鼠埋下橡实，以及冠蓝鸦让橡实从脚下滑落时，难道不会乍然想到自己的后代，因而对自己的损失多少感到一点宽慰吗？

然而，我们是怎样感谢这些松鼠的？——暂且先不提别的动物。这些植林者，这些许多世代的阿瑟尔公爵们，早已查明橡树能长在多高的山地和多低的谷地，在我们的平原又能长得多远、多广。但是，它们有在我们的年金名单上吗？我们曾以任何方式肯定它们的服务吗？我们视它们为害兽。农人只晓得它们偶尔会在毗邻自家林地的农地取走他的留种玉米，或许每到五月还会鼓励儿子去射杀它们，并为此提供火药和弹丸，即便松鼠或许正在种植的，是更高贵的橡实。在内陆，人们每到秋天还会大规模猎杀松鼠，几个钟头就能杀掉数千只，而所有乡亲都很喜欢这样的活动。如果我们每年能以某种象征仪式来表彰松鼠在大自然经济里扮演的角色，才是更为文明而人道的。

最高贵的树种——需时最久才能产出，寿命也最长的那些——像栗树、山核桃树和橡树，在我们现行体制下将会最快灭绝，而且最难再生。它们会被松树和桦树取代，而这些树木因为少了土质改变，要比原生的松树和桦树更衰弱。有许多土地目前长着羸弱而正在腐坏的桦树或橡树，这些树木才成长到四分之一就已垂危，并长满真菌与树瘤，而那

些地方在过去两百年，却曾长过高大的橡树和栗树。

很快会有一天——如果这天还没到来的话——我们将得费心保护和培育白橡树，就像我们现在对待大多数栗树那样。橡树将会变得太少，以至于没有足够种子可以迅速地、广泛地播种。

在栗树林所做的观察告诉我们，你不能在某个区域只培育一种树林，除非你愿意亲自去种树。如果没有橡树长在你家松树林周围几英里内，那么松树底下的地面当然不会长满小橡树苗，你就只得自己在那里种橡树了，否则，最终就只得忍受仅有的松树了。宁可拥有只有五十英亩大却充满各种不同树种的狭小林地，也不要有一整个镇区那么大的单一树种林地。

至于这些橡树的种植者，我没见过松鼠种下或埋藏橡实，不过我在秋天里经常——几乎每天——看到它们搬运橡实、掉下橡实，还有把橡实存放在洞里，就像每位天天造访树林的人都会看到的那样。当你开挖沟渠时，往往会发现数颗新鲜橡实埋在树叶底下一两英寸，或在橡树林外的灌木之间。几乎所有细心观察的农人，每年都会发现一份这样的存粮，虽然这在最初或许看似偶然，不过如果农人跟诸位邻人分享经验，就会发现这其实是常态。然而，值得注意的是，橡实若是要在常绿树林里发芽、茁壮成长，并不需被埋入土中，只需被送进树林并落在地表。我在十二月三日找到的每颗健全的白橡橡实，都已将幼根伸入地里，不过，那些落在开阔草地的则多已毁坏。在树林里，橡实很快就会被树叶稍微盖住，借以保持湿润、得到庇护。

秋天，我在本镇四周的老橡林及其附近注意到地上遍布两三英寸长的粗短橡树枝，上头挂着半打空壳斗，松鼠在橡实的两侧把树枝咬断，使其更容易搬运。

为了不在严冬里挨饿，松鼠整个秋天都忙着搜寻粮食。每座浓密的树林，尤其是常绿树林，都是松鼠用来对抗困乏的仓库，它们会用各种坚果和种子尽力塞满自家仓库。你在这季节会看到松鼠沿着篱笆飞奔，尾巴高举过头摇摆，频繁停在木桩或石头顶上。你可能会看着它跑上二三十竿，而它嘴里可能含着一两颗坚果，正要带去那边的灌丛里。

松鼠在秋天进行的这种奇妙活动——收集、散播和种植各类坚果、橡实等——极为必要，因为它们赖以维生的果实来自树木，而那些树木并非一年生植物，不像供应我们主食的小麦那样。如果小麦今年歉收，

我们只需在来年播种更多，然后迅速收成；然而，如果植林是以树木的寿命为期来进行，一旦发生火灾、枯病或虫害，马上就有歉收或饥荒之虞。重要的是，每个成长阶段的树木都要有无数棵才行，而且要像种麦一样年年植树。想想，松鼠要做的工作量之大、要种的面积之广啊。

然而，尤其在冬天里，松鼠搬运和埋藏坚果的情况在雪地上更是明显。在几乎每座树林里，你都会看到红松鼠或灰松鼠在上百个地方往下挖开积雪，有时挖到两英尺深，而且它们几乎总是直接挖到一颗坚果或松果，直接得好比它们是从那果实开始往上钻洞的——这是你我都办不到的。对我们来说，连要在降雪之前找到一颗都很难了。无疑，它们通常是在秋天就开始储存这些坚果。你会好奇，它们到底是真的记得存放位置，还是靠着气味找到的呢？

红松鼠通常会把冬季住处选在常绿树丛底下的地里，往往是在一片落叶树林中间的一小丛常绿树底下。如果林外一段距离处，矗立着任何尚有果实的橡树或坚果树，它们就会经常往返于这两地之间。因此，我们不需认为树林里到处都要有橡树才能播种，只要在林外二三十竿之内长有几棵就够了。

获得战利品之后，它们就会找一处干燥的地方去打开它，也许是落地的大树枝，或是突出雪地的树桩，要不就是大树的弓背，也许更常去的是树干低处的残枝，或自家洞穴的入口。确实，这些球果和坚果都已变黑，而且据我所知，通常在这个时节里只有发育不全或空心的种子；然而它们仍在那里耐心剥着，显然也找到一些好的种子，而雪地上则散落着空心种子和被挑掉不要的种子，还有果鳞和硬硬的外壳。

那些留在地表或浅埋地里的坚果，正被置于最适宜萌芽的环境。我偶尔感到纳闷，那些仅是掉落地面的坚果如何生根？然而，到了十二月底，我发现这年先落下的栗子已跟松土相混，埋在腐坏而发霉的树叶底下，获得所需的一切水分和肥料。在盛产的年头里，大部分栗子就这样覆上一英寸厚的松散树叶，让松鼠较不容易看见。某年冬天栗子盛产，我在一月十日这么晚的时节，用耙子还挖出好几夸脱[1]；当天我在商店买的栗子有过半都发了霉，但我挖到的却没有半颗发霉，即便那些栗子原先埋在潮湿又生霉的腐叶里，又被降雪覆盖过一两次。大自然知道，怎样包装它们才是最好。那些栗子仍然饱满新鲜。显然它们虽在那里受潮，却未升温。到了春天，它们全都发芽了。

劳登说：“如果要将坚果（欧洲的胡桃）越冬保存，以便在春天种

植，应于采集后马上连壳置于腐土堆，并于整个冬天经常翻动……”在此，他再度窃取大自然的方法。可怜的凡人还能怎么做呢？——大自然找到想偷的人，又拥有值得偷的宝物。在种下大多数树种的种子时，那些最好的园丁不过是在仿效大自然，只是他们或许并不晓得。一般而言，最能确保大小种子发芽、生长的方式，就是用圆锹的背面将它们敲进土里，然后覆上叶子或干草。

植林者获得的这些结果，让我们想到肯恩及其同伴在北方的经验，他们在学习生活于极地气候时，惊觉自己不断效仿当地人的习惯，最后简直成了爱斯基摩人。因此，当我们在实验如何植林时，我们也发觉自己最终是在仿效大自然。若能一开始就请教大自然不是很好吗？因为在包括阿瑟尔公爵在内的所有人之中，大自然是规模最大、最有经验的植林者。

积雪一融，松鼠就更容易找到橡实。一八五五年三月二十五日，我看到松鼠大量取食已因雪融而暴露的橡实。某些地方的地面，散落着刚剥下的果壳和小口咬下的果肉。

不曾注意这项主题的人，他会觉得动物的媒介不足以涵盖每年在如此广大土地上的播种工作，就像我们也会纳闷，春天里出现的所有苍蝇和其他昆虫是从哪里来的，因为我们不曾跟着它们到过冬处，并在那里数算他们的数量。可以肯定的是，大自然的确大量保存和繁衍苍蝇等昆虫，并非重新创造，只是我们从未注意或正在睡觉。

我们必须留意动物所在的地方。松鼠可以在它食物当季盛产的地方被发现。在你家院子种下一棵栗树，这棵树若是在村庄外围，每到栗子成熟时节，就会有来自树林的松鼠造访。有人在屋前的榆树上养了一些半驯的红松鼠，看到它们在六月左右都会跑去屋后的树林（以北美油松和矮橡树为主），而在九月，当他那些白胡桃成熟时回来。难道它们不是去树林找榛果和松子吗？另一个人告诉我，他那只灰松鼠每到夏天都会跑进树林，而在冬天就会回到笼子，在里头跑着滚筒。

在这一带，看见坚果和松果，就知道会有松鼠出现，而看到松鼠就知道附近有坚果和松果。我在去年秋天造访附近三座主要的老橡林——或者说，是在八到十英里内为我所知的，意外发现这些地方是灰松鼠的聚集处。许多跟我聊过的人，都以为我是来找这些松鼠的，有一位还能向我谈起最远、最有趣的那座树林，因为他从前常去那里猎灰松鼠。我在那三座树林都看到它们用叶子做成的窝，不过我在距离最近的那座树

林唯一看到的动物是一只红松鼠，唯一听到的声音则是冠蓝鸦的叫声——它们无疑全是受橡实吸引而来。事实上，人们造访这些树林主要是为了猎灰松鼠，而非追寻树林之美。此外，那三座树林有两座因为相同原因而聚集许多鸽子，我在里头看到好几处鸽子栖地，其中一座树林的地主擅长捕鸽，他坦言该座树林之所以能在近年继续保留着，是因为那里为鸽子提供了食物和庇护。

---

[1]夸脱，国际常用非法定容积计量单位，1夸脱等于1.1365升。

山核桃之谜

虽然我见过某只松鼠埋下山核桃坚果，但我一直无法确定，开阔地上的某些年轻山核桃丛林是在何种情况被种下的。

惊人的是，大自然多么坚持努力要为大地覆上某种树林——某些树木的残干和根部拥有多么大的生命力，即便那些树又小又年轻。比方说，这天下午，我检视史密斯小丘裸露坡面上的小山核桃树，每隔几英尺就有一株，多得数不清，高度为一英尺或更高些。过去十二年来，我看着它们努力覆盖那片原本裸露的草地，并纳闷种子如何来到那里；因为该处最初不仅是一片裸露草地，而且草原的中心距离任何能结果实的山核桃树都很远。如今小山核桃树的范围延伸四五十竿，树高从一两英尺到六英尺以上都有，并在某些地方已形成颇为浓密的灌丛。

经过仔细检视，我发现它们不是死过就是被砍倒过，而且也有老根。这些树无法从根拔起，因而很难检视根部。但我记得这座山丘的上侧在春天里被犁过，或许我能找到一些被连根拔起、丢在田野旁边的山核桃树。果然如我所料，那里可供检视的样本没有几千也有几百，每株都带有很大一部分的根部。这些树虽然平均只有一到三英尺高，但地面下的部分却有两英寸粗，我判断它们的树龄可能有十五岁。让牛犁那块地，肯定很辛苦。



我选了一棵大而看似健康的山核桃树，锯开后发现它近乎死亡。锯开的部分有四岁大。这棵树曾被砍到剩下残根，残根还显示另外五圈年轮。我并未检视地下部分，探究整棵树到底多少岁。就我目前观察，今年长出的主枝已完全枯萎而死去，显然是被霜冻死的。这种情况很常见，除非树木长到一定高度才能避免。

起初，我轻率地认定这些山核桃树是被松鼠种在空地，但我现在开始质疑，这里是什么时候成为空地的？我无法确定。老旧残根仍然到处都是，我推测这块地是在十五到二十年前被清理的。因此，我判断坚果可能是在老树林被砍掉之前种下的，虽然那些山核桃树一再遭到砍削，以保持草地的开阔，或被霜害扼杀，但强韧的生命力使得这些树活了下来。尽管如此，这样的对待，还是让其中许多树变得羸弱不堪或奄奄一息。

旁边有座由橡树、山核桃树、松树等树种组成的年轻树林，可能也在相同时间被砍伐，里头的山核桃树有这些的三四倍高。或许，当年这些山核桃树被砍伐，土地被清理的时候，相对容易根除的松树，甚至还有橡树，都被清掉了，但坚忍顽强的山核桃树却不放弃立足之地。我还想不到别的理由，来解释山核桃树何以能在此地生存。

再一次，我检视这座山丘，还有布烈腾空地，看看能否找到一株未满六岁的实生山核桃树。距离这块土地上一次被清理，已过了十七八年，而在那段时间里，一片桃树果园在那里被种起而又荒废，还有一座苹果园也被种起，而现在也将要荒废。我认为这里在过去至少十到十二年里曾被耕种。许多小山核桃树就长在这两座果园的外围和里面。我在这两处地方的年轻山核桃树里仔细搜寻，但未能发现任何一株我想找的六岁以下的小苗。我没有在任何地方找到种子还附着在上面的小苗。我在史密斯小丘找到许多仅有一两英尺高的小苗，但全部都有硕大的根部，而且死过的老旧残枝在地面或地下清楚可见。在一个根部上发现一至三根残枝是很平常的，几乎成了通例，每根残枝都有一英寸粗、二至三英尺高，而在地下的主干则有两英寸粗。因此，没人能将它们连根拔起，无论地上部分多短、多细。

然而，我在布烈腾空地拔了一株二又四分之一英尺高的小山核桃树，这株很容易拔起，让我很惊讶；但我发现它断在地面以下一英尺、粗一英寸半的地方，而且严重腐朽。这株在地面有四分之三英寸粗，往下五六英寸逐渐增至一英寸粗。那里有一个老枝的残枝，而根部突然增大到一英寸半粗，直到断裂处都约略这么粗。地上大约三英寸处有另一个残枝，而这上方较晚的生长部分约有四岁大。最后这部分也死了，而在今年，有两根嫩枝从地上六到八英寸处抽出，各自长了两英寸和四英寸。因此，在此显然至少有四次长大成树的努力。第一个残枝跟地面上现存的整棵树，大约一样的粗——

估计为四岁

第二个，至少（在死掉那时）两岁

第三个，构成目前这棵树四岁

第四个，今年生长部分一岁

———

合计十一岁

这一棵小山核桃树长在开阔地，高二又四分之一英尺，粗四分之三英寸，当时至少有十一岁（第一个残枝以上最少有八圈年轮）。我不晓得要是挖起树根还会发现什么。可观察到的最低残枝埋在地下六英寸，这清楚地显示这棵树周围被堆上土壤，可见这个根部可能在地里撑过整地、焚地和后续耕作。让这种情况的发生更为可能的是，果园里有好几个硕大的栗树树桩也发出萌糵的小苗，从大小来看，这些小苗可能在整棵树被砍掉后，又被砍过一两次，而仍然存活。山核桃树的嫩枝可能也是如此。

我认为，最近几年没有一株山核桃树被播种在这些地方。确实，松鼠何必要把坚果带往已有山核桃树幼株的这些地点呢？——它们必须这么做，好让山核桃树持续被种下，而且不会全部都是同龄的。

我在瓦尔登湖开垦了一块空地，上面长了几株山核桃树，可能是在整地后由鸟或松鼠种下，因为我记得那里至少三十五年没有山核桃林了。

费尔黑文山坡也是一样。我记得那里是在大约三十五年前被清理，然后在二十到二十五年前长出松树。如今，我在松树林的里面和外面，都看到许多五英尺高的山核桃树，我几乎可以确定，这些不会是从存在地里三十五年的残根或老根长出来的。那么它们是怎么来到这里的？我指的是那些行为异于橡树，长在松树前方一两竿处的山核桃树。为何我从未在这里看过仅有两三岁的山核桃树呢？尽管如此，我仍不得不相信那些山核桃树也是由动物种下的。如果真是这样，那么山核桃树的传播模式就异于橡树，因为我不曾在任何地方见过橡树的小树丛长在草地上或松树林前方。难道动物在开阔地更有可能种下胡桃而非橡实？——或者，难道山核桃在那里更有可能存活？或许橡实也被种在那里，只是未能发芽冒出。也许，对于长在史密斯小丘和布烈腾空地的那些山核桃树，我可能是误解了。

十二月一日，我去检视费尔黑文山最年幼的那些山核桃树，看看它们几岁。我锯下三株，锯断的位置是在地下两三英寸处（也有在较高处的）。这些树约有三英尺高，上头的年轮很难辨认，但我判断最小的那株（约为一英寸粗、三英尺高）为七岁。另外两株可能老一些，但远不及松树老，我记得那些松树是何时长出来的。因此，这些山核桃树必定是在过去七到二十五年间冒出。它们在松树林里四五英尺宽的空地上最

多（橡树不会如此），亦可见于松树林数竿外的开阔草地，还有的也特别容易沿着墙边生长，即便那里距离任何种类的林木都很远。

因此，我推论是动物种下它们，或许它们之所以沿着围墙生长，某种程度上是因为带着坚果的松鼠最常走那条路。最值得注意的是，它们竟然这么常被种在开阔地，就在裸露的山坡上，而橡树却很少这样。这一点该如何解释？或许是因为它们的根比橡树更为坚持，因而终究能在橡树失败的这些地方成功长成树木。它们可能更为坚忍不拔。又或许，牛不像对待橡树那样经常加以啃咬或伤害。

再回来谈史密斯山丘的山核桃树，我有点想要回到我的第一个想法。然而，我依旧认为，费尔黑文山丘那些外围的山核桃树，是在十二年内以异于橡树的方式种下的。

十二月三日，我在李氏山丘开阔且裸露的那一侧，并未发现有任何年轻的山核桃树生长着。如果它们能在其他地方的类似环境中生长，为何不长在山核桃丰盛的这里？在山丘北侧那座白橡林附近的山核桃树林底下和周围，有许多二到四英尺高的小山核桃树长在年轻的桦树和松树之间，而其中最大的那些桦树和松树在不久前被砍掉。我倾向认为，橡树和山核桃树都会偶尔被播种在松树林或其他树林边缘几竿外的开阔地，只是山核桃树的根部在这种情况下更能坚持，因而较常在那里成功。现在我突然想到，或许曾有许多小松树在过去十二年内出现在史密斯山丘的坡面上，而山核桃树的坚果就被播在这些小松树之间和周围；只是松树死了，山核桃树在那里活了下来。然而，在我熟知的布烈腾空地，我却不记得有任何这样的松树。

还有一项推测我还没用上，那就是被播种在树林里的山核桃可以长时间保存生命力，从而在多年后从开阔地冒出来。

令人惊叹的是，这些小山核桃树曾忍受并战胜了多少困境啊。我搜遍整座费尔黑文山，不只要找最小的，也要找最挺直而健壮的小树，但我锯下的那三株，全都在几年前死过至少一次，即便地上部分可能不会显露任何伤痕。我一挖下去，就在地下一英寸处发现伤痕。这些小树大多系由一个根部发出的数根枝干组成，往往形状古怪且病弱，从远处看来就像已经完全死去了。有些经过这般的垂死，却又发出两根以上弯曲的新枝，看起来好像钩子。然而，其中有许多，最终长成挺直、平滑而又健全的树木，所有的缺陷都被消除抹去。

有许多挺拔的年轻山核桃树零散长在安努儿那克山丘东南坡，高达十到十二英尺，形成一片非常开阔的树林。这些树木散布得几乎就像苹果树那么广，它们长得独特、健全而有生气，但我毫不怀疑，它们的生长历程很类似我描述过的那些小树。（不过我得更深入探究它们的生长史，以及如何来到那里。）山核桃树或许要到二十岁，才会以蓄积的冲力蹿起，摆脱霜害和其他灾难，开始以一棵年轻乔木的样貌存在。

我所挖掘的三株山核桃树，在地表下方都有比地上茎干大得多的硕大主根，那些主根牢牢地扎进地里，因此虽然树身还不及一英寸粗，而你也已在其周围挖了三四英寸深，但还是拔不起来——不过我并未在此深度发现任何侧根。它们是像铁一般的树——如此坚强而稳固。

世上有些人描写他们所谓的自学成功者，并颂扬在困境里对知识的追求。对这些新手很有启发性的活动，就是让他们去挖掘十几棵从种子长出的橡树和山核桃树，读懂那些树的发展过程，看看它们在跟什么奋斗。

关于山核桃树，值得注意的是，我们现今经常看见铁箍般粗的年轻树林形成这些颇为浓密的小丛林，却很难发现由高大山核桃树形成的浓密树林。无论哪种大小，我们都没有任何山核桃纯林——或者说，我们没有任何山核桃的“树林”。这种树似乎要比橡树等硬木树需要更多阳光、空气和伸展的空间，才能大量长成中型树木。一座包含一两千棵小树的丛林，显然会在最后，变成几十棵散落在草地上的大树。或许，大火经常烧死很多山核桃树。我刚去瓦尔登湖的时候，周围的开阔地有很多山核桃树，但由于大火、霜害或其他原因，现在所剩无几。北美油松的情况则要好得多。

同样值得注意的是，山核桃树非常喜爱山坡环境。我所谈到的五个地点中，就有四个是山坡。它们是为了阳光和空气而到那里吗？它们几乎莫名其妙地在这种地方冒出，仿佛它们很喜欢那里的景色，或是被派出占领这些据点。

简言之，那些不曾关注这项主题的人，不太会注意到鸟兽们多么忙于采集、散播和种植树木的种子——尤其是在秋季。这是松鼠在秋季里最重要的工作，你在这时碰到的松鼠，若不是叼着坚果，就是正要去找一颗坚果。当我走在山核桃树之间，即便是在八月里，我也会不时听到未熟山核桃的落地声，那是被我头上的山雀咬掉的。在内陆地区，正因为松鼠的关系，它们被迫得赶紧采集山核桃。镇上一位松鼠猎人告诉

我，他知道有棵山核桃树结的坚果特别好，但某年秋天前去采集时，却发现已被一家子十几只的松鼠抢先。他从这棵中空的树木取出一蒲式耳又三配克的去壳山核桃，供他和家人吃上整个冬天。

这种例子不胜枚举。条纹松鼠的颊囊被坚果塞得鼓胀的景象，在秋天多么常见！这种松鼠习惯储存坚果和其他种子，像是榛果、橡实、核桃、栗子和荞麦等，因而获得Tamias这个学名，意为“膳务员”。红松鼠据说会在果肉未熟时收集整堆坚果、盖上叶子，待其成熟，届时会更容易搬运。你可以在坚果树掉光坚果的一个月后，到树下检视，看看完好的坚果、发育不全的坚果和剩余果壳的比例为何。那些完好的坚果不是被吃掉就是被广为传播。树下的地面看起来就像是杂货店前的平台，村里喜欢闲聊的人都聚集到这里，一面嗑着坚果，一面说着粗俗的笑话。你来到这里，会觉得自己是在筵席结束后才赶到，因为只看到满地果壳。

在还保有坚果的山核桃树底下，仲冬的雪地上往往遍布松鼠丢弃的果壳。靠近这些树的基部，或是邻近地区的其他树下，只要有一点裸露的土地，就会堆满了被松鼠咬成两半的坚果壳，那是它们整个冬天的杰作。

松鼠的多功能矮橡树

我偶尔会被问到是否知道矮橡树有何用处。虽然樵夫认为这种树毫无价值，但对我来说，那却是一种很有意思的树，而且就像白桦一样，会让我联想到新英格兰地区。任何事物若能让我们感受到丝毫美感，它就具有无限大的价值，远大于我们仅知的效用以及对我们的用处。

附近许多干燥平原和宽广台地，以及山坡上的小洼地，都长满三到五英尺高的矮橡树。约莫十月一日，许多主枝皆因霜害而树叶尽落；而那些大小、尖度、果毛多寡各异的漂亮果实，如今都已转为褐色，上头许多带着深色的直线，全都即将落下。而如果你从这些裸露而受霜冻的主枝，扳动上头的果柄，你会发现那些果柄亦将脱落。确实，某些矮橡树有一半壳斗已经空了，上面都留有松鼠的齿痕（因为它们在树上就将橡实从壳斗中取出，只留下边缘被咬掉一点的壳斗），这时可能只有少数橡实落地，而这正是它们喜欢攀爬的高度。

虽然许多树枝的叶已落尽，但这一簇簇长在灰褐色壳斗里的褐色果实，却是毫不显眼，除非你特意寻找。而地上则铺盖着颜色相似的叶子——也就是说，这片铺盖叶子的地面，也呈现和树枝、果实近似的那种灰褐色，而你可能会掠过一簇簇果实却没注意到。你就这样缓缓走过布满这种有趣果实的浓密树林，每棵树似乎都比前一棵更美。

你也会看到松鼠把空壳留在岩石和树桩上。

如果你在年轻树林里挖掘橡树的老树桩，即便它们腐朽殆尽而只留下一个凹洞，而你甚至也未看见貌似朽木或树皮的痕迹，但你通常都会发现完全开放的通道，从这个凹洞向外发散，上头还留有根部的薄膜作为墙壁，而大地在百年来，学会加以尊重。这些坑道全是松鼠和老鼠的地下通道，或许好几代以来都通往它们的巢穴和粮仓。上方的洞口正是通往这些地道。确实，每株老树桩即使没有那么老，但对它们来说可都是一座大都市。树桩上面和周围所有洞穴，几乎都有果壳或坚果。虽然你在树林里或许看不到一只动物，但在这许多橡树的根部，都有着大量的橡实果壳。

严密看守榛果的松鼠

条纹松鼠开始吃榛果是在八月初，大约是传来连枷打谷声响的时候，你必须在当月二十日后不久，就去采集那些最为膨大的榛果，这样才采得到。许多人看到榛果盛产，等了十天才要去采，然后发现树上的榛果就连一打也不剩。

到了八月底，墙边那排满是松鼠的榛树，果实还未全熟就被它们采光了，地面还散落着褐色果壳。树上剩下的榛果每颗都是坏的，可见它们在过去两周里，忙着爬过每个细枝末端。有谁目睹采集榛果的过程呢？——这是采榛季啊！对条纹松鼠来说，这是个多么忙碌而重要的季节啊！现在，它需要的是一群伙伴。我在那处田野所能发现的每颗被留下来的果实，都是不好的（现在是铁杉的季节）。长在某些常有人走过的小径旁边的树，它们通常不会那么早去采。

当河边的榛树果实已被采完，我偶尔会发现还有几簇悬垂在河面上方，松鼠似乎不愿回去那里采集。我有时会在荆棘或其他灌木里，看到一个鸟巢里装着半满的橡实和榛果外壳，显然是某只老鼠或松鼠留在那里的。

榛果对于松鼠是多么重要啊！榛树长在那些松鼠居住的围墙旁边，有如种在它们门前的橡树，它们不需走远即可采收果实。

这些榛树如今被采收一空，不过，孤立在田野里、远离松鼠走道的那些，仍然充满长着芒刺的果实。围墙之于这些小动物，既是公路，也是堡垒。它们住在墙下的洞穴里而不太受到打扰，并能从任何一侧冒出。同样也受围墙保护的，还有松鼠赖以为生的榛树。

松鼠生活在榛树林里。每棵榛树都有某只松鼠盯着它的果实，而它也必定抢先在你之前采收。因为你只是有时想到，但它却是时时想着。正如我们会说“工具属于使用者”，所以也可以说，“坚果属于采收者”。

我若发现松鼠有种本能，驱使它们经常种下榛果，我也不会感到讶异。

它们懂得不需打开不健康的坚果，或者，它们顶多只需稍加窥探就能得知。我看见某些留在墙上的坚果被啮出一个小洞，这足以表示里头是空的。

我们完全不重视的其他种子也是如此，例如枫树翅果等。的确，几乎每种落地的种子都会被某种动物捡取，成为它们偏爱或特有的食物。它们在那种种子的产季天天忙着采收，少数留下的种子成了例外。每棵树至少会有一只松鼠或一只老鼠——或者更多，因为它们的家族和我们的一样大——无论你觉得那里看起来多么安静，以为没有动物栖身。它们并不会盯着过客看。要是你慢了一点才去找果实，你将发现自己是在捡拾它们剩下的。你会在每棵树底下，甚至在树里，发现好几个它们的洞穴。它们会搜刮整个树林。虽然种子或许极为微小，但那对它们就像坚果一样。而这似乎就是这些种子生来要实现的重要目的之一。这些小动物必须生存；它们这些草食动物若不吃产自土地的果实，那要吃什么呢？【fen享v信boo ker113】

贮存种子的田鼠

遍布美洲树林的白足鼠，被人看到带着橡实和其他种子前往储藏处。你常会发现它们把橡实和坚果塞在岩石裂缝。某年十一月，探勘康科德北部某座旧石灰岩采石场的时候，我在石灰岩炸开处，看到一块直立的岩石裂块边上，有一个为放入炸药而钻设的孔洞，恰与岩面垂直。这处孔洞底端有两三英寸深，离地两英尺半，而我在里头发现两颗新鲜栗子，以及一打以上的野毛扁豆种子、相同数量的冬青种子，还有许多新鲜的小蘗种子，全是裸露的种子或没了果肉，混着一点泥土和碎屑。

是谁把那些东西放在那里？松鼠、老鼠、冠蓝鸦或乌鸦？起初，我觉得兽类几乎到不了这个位于岩石垂直面的孔洞，但或许某些强健的兽类可以轻易办到，这真是个很适合储藏货物的空间。我将那些种子全带回家，想查明种类为何，以及如何进到洞里。到了晚上，我仔细检视那些栗子，很怀疑像山雀那么小的鸟儿能否搬得动，我在其中一颗较大的栗子一端，看到一些很细的刮痕，看起来像是某种小动物在搬运时留下的齿痕——必定不是鸟喙造成的，因为鸟喙会直接刺进果壳，然后吸起来。于是，我仔细去找另一排的牙齿刮到何处，但未能发现任何痕迹，因此仍然对此感到疑惑。

然而，一小时后，我用显微镜检视这些刮痕，清楚地看见那些痕迹是由某种像是大头针的尖细切割工具造成，该工具有点内凹，稍微挖进外壳表面，往栗子较大的一端延伸，使得表面隆起。接着，再看下去，我才在同一端发现至少两个由下门牙留下的对应齿痕，全都挖往上门牙齿痕，双方相距约四分之一英寸。这些痕迹用肉眼看很不明显，但在显微镜下却很清楚。我现在确信，那是由某只老鼠的门牙造成的。将这些痕迹和白足鼠的门牙比对（我正好有一副这种骨骸），我发现，其中一两个痕迹正好吻合白足鼠中间两颗相连的门牙，约二十分之一英寸，其他痕迹虽然更细，但可能也是门牙造成的，而且上下颚的自然开合度也相符。这颗栗子的其中一侧，至少刚被叼过一两次。我几乎可以确定这些种子是被某只本地最常见的林鼠——白足鼠放在那里的。

另一颗栗子上头没有齿痕，我猜想是咬着果柄带过去的，而现在果柄已经脱落了。这附近二十竿的范围内，并没有栗子呢。

被置于这个孔洞里的种子，将有助于解释为何栗子树和小蘖会长在裂缝或裂口处，那些我们不晓得种子是如何掉进去的地方。在这个小洞里，甚至有足够的泥土能让种子长成一棵小小的植物。

有一天，我看到一株年幼却大株的越橘，健壮地长在被锯断的一段高高的白松树桩上，就从树皮和木头之间的裂缝冒出。我不会怀疑，原先的种子是由某只鸟类或其他动物留在树桩上，然后被吹进这个裂缝。或许，那是从树皮底下长上来的。

亲缘相近的欧洲田鼠会储存橡实、坚果和谷粒等。彭南特说道："野猪以鼻拱土而损害田地，是因为它们要挖掘田鼠的秘密藏身处。"

我从贝尔所写的《英国的四足兽》和劳登那里得知，英国曾在丁恩森林和新森林进行大规模的橡实种植实验，却因短尾田鼠从洞里取走橡实，造成很大的损失，更严重的是，它们还会咬断发芽长出的植株。

他们在广达三千二百英亩的森林里到处挖洞，来捕捉这些掠夺者。那些坑洞的周边平滑，而且底部宽度比开口大，田鼠一旦掉进去就爬不出来。一个坑洞一个晚上就可以捕获多达十五只田鼠。毕林顿先生说："我们很快就（在丁恩森林）捉到多达三万只，并按数量付钱，有两人被派去统计，并看着它们被埋或被杀，以防欺骗。"还有许多田鼠是在落入洞里后死于其他原因，或是被鸟兽所杀。据贝尔所述，估计有超过二十万只田鼠在这两处森林遭到各种方式的杀害。另外，水栖的麝田鼠也会吃橡实，因此也能帮忙传播橡树果实，尤其是生长在沼泽的双色栎。

功不可没的鸟儿

鸟类也参与了种子的传播。圣皮耶说："摩鹿加群岛有种鸟类，让其中几座荒芜的岛屿重新长满肉豆蔻，即便荷兰人努力在各处摧毁那些无法为其带来商业利益的肉豆蔻。"

鸦科鸟类，如喜鹊、乌鸦和渡鸦等，会将食物与其他物品藏在洞里，这种行为自古就广为人知。希腊哲学家泰奥弗拉斯托斯在公元前四世纪写成的《植物起源》中，谈到喜鹊和其他鸟类会将挖到的橡实藏起来。普林尼也说，寒鸦"会将植物种子藏在作为仓库的洞里"，可能造成一棵树在另一棵树上长出来，从而启发出嫁接技术。

在英国，松鸦又被称作"橡实鸦"。而我们经常在橡树等树木的树皮裂缝看到向外突出的橡实，这些牢牢卡着的橡实，无疑是冠蓝鸦、山雀或？等鸟类放置的，它们将橡实固定住，再用喙将橡实敲开。至于树林中，散落在树根周围的那些橡实外壳，我们通常认为那是松鼠所留下的，但或许有些是在鸟儿啄食时从裂缝掉下来的。我有时也会从啄木鸟在挺直树干啄出的浅洞里，发现有两三颗橡实藏在里面。我多次在本地最阴暗、最偏远的树林中——距离最近的田地至少有半英里（有时多达一英里）——发现玉米粒被藏在树皮裂隙、地衣的后方，或是其他的裂缝里，这些或许是由冠蓝鸦所藏的。



某位邻人告诉我，他在这个冬天用玉米将冠蓝鸦引诱到家门前，期望能改变它们的习惯。但他惊讶地看见，某只冠蓝鸦在啄取玉米一会儿后，飞到邻近的树上，一连将多达一打的玉米粒存放在不同的裂缝里，再回来啄取更多玉米。这显示它们能一次带上多粒玉米而不吞下。

我也看过乌鸦运送橡实。我见到一大群乌鸦在一株兀立山顶的白橡树上忙上忙下，于是走了过去，发现若干橡实和壳斗完全分离，果肉被吃掉一半，除此之外，地上还留着又大又重的双色栎的壳斗——距离最近的双色栎位于过了河的四分之一英里外。它们也在冬天摘取同种类的橡实、运送相同距离，并在飞降其他树木之后，将外壳丢在底下的雪地上。不过我猜，它们在树上找到的食物种类，属于动物的要比属于植物的多。

鸽子很依赖橡实这种食物，并能吞下一整颗，因此偶尔可以帮忙传播橡实。它们乐于食用春天里留在地上的半腐坏的橡实。伊夫林说："我听说，在欧鸽嗉囊里发现的幼嫩小橡实很美味。"

而且，有位捕兽师告诉我，他曾在钢制陷阱里放入橡实当饵，一次就在水下捉到七只林鸳鸯。它们下水探取橡实，结果被夹住脖子。

确实，想要确认橡实会在多短的时间内被兽类和鸟类采收，你只需要跟它们竞争一季，就会晓得你得要多么机敏才行。大部分的果实很快就被采走了。

地球表面布满了种子

不仅是动物如此全面追求树木的果实，据圣皮耶所述，在某些情况下，果实也会追求动物——或者在半路迎接它们。他说："笨重的椰子从椰子树上落下，会在地面造成广泛的回响。阿勃勒的黑色果荚，在成熟后被风吹动，相互碰撞，就会发出类似磨坊滴答响的声音。当安的列斯群岛上格尼帕树的灰色果实从树上熟落，就会弹到地面，发出手枪射击般的声响。当然，一收到这个信号，访客们便接二连三地前来赴宴。格尼帕树果实似乎专供陆蟹享用，陆蟹很爱吃这种食物，很快就因此长肥。"

动物的这一切活动，以及运送种子的各种自然力，使得地球表面几乎布满了种子或各种幼苗活跃的根，而在某些情况下，或许有些从地下深处挖掘出的种子，仍然保有生命力。这片大地本身即为谷仓，也是温床，难怪有人将地表看作一个庞大生物的表皮。

大自然为土地撒满了种子，因此我注意到，每当旅人离开既有的大道，走出一条全新的短短小径，小径中间狭长的裸露地面，很快就会覆满小树林。

第十章
北美油松与白松的接力赛

松树一被砍倒，就无法从根部再度生长。希罗多德曾说：“克罗伊斯派人命令蓝普撒西尼人释放米太亚德；扬言若是不从，就要如同摧毁松树那样摧毁他们。蓝普撒西尼人不确定要如何理解克罗伊斯用来威胁的谚言，不懂何谓他会把他们像松树一样摧毁，最终，经过一些困难，一位耆老才发现其意，并说出真相，亦即，在所有树种之中，只有松树一被砍倒就不会长出新枝，只能整株死去。”所以，松树仅有一种自然繁殖方式，那就是经由种子。

北美油松是白松的先锋部队

我们知道，极少数的年轻橡树和栗树（或许还有山核桃树）需要较高大植物的庇护；然而，另一方面，年轻的北美油松和白松要在空旷且阳光充足之处才能茁壮。长在树林里的松树，其下层枝叶总是死去，只剩下绿色的尖顶，这显示松树多么仰赖阳光和空气。松树若是生在浓密的树林里，就会长得瘦高；生在树林边缘或空地，就会长得粗壮而开展。

比起北美油松，白松受树荫影响的程度较小。我们经常能在成熟的松树林底下，看见一丛丛的小白松，而且确实有很多人从这种地方取得瘦弱的小白松来移植，但你鲜少在那里看到小北美油松。北美油松显然需要更多的阳光和空气。

我曾经走过一片颇为浓密的北美油松林，里头只有几株长到能结籽的白松，所以此处产出的北美油松和白松种子，比例为超过一千比一，我很惊讶这片北美油松林底下冒出无数小白松（还有许多小橡树），但小北美油松却极少，甚至几乎没有，而且又瘦又病。白松幼苗和北美油松幼苗之比至少是一千比一，和成树的比例差不多，只是颠倒了过来。

我再次检视一座树龄约有三十年的北美油松密林，宽度约为十二竿，长度则为宽度的三四倍，往东西向延伸。占整座树林四分之一的西侧部分，没有一棵能结籽的白松，但里头却有数千株小白松，但几乎不见北美油松幼苗。一如往常，这里也遍布微小的橡树苗。我不需找得太远，就能确定那几株白松就是源头。

简言之，原则就是——虽然这看起来有点奇怪——在浓密的北美油松林里你找不到几株小北美油松，不过，即便这座树林里没有能结籽的白松，你还是可以找到大量小白松。

我曾为此去检视十七座坐落在这附近的北美油松林，在其中十三座松树林里，上述原则获得证实。在另外三座松树林里，小北美油松和小白松的数量相当，但这显然是因为那些树林比较稀疏。只有一座是明确例外，不过我只察看了那座林子的一端。

我曾在这些北美油松林底下取得数百株小白松来移植，某人告诉我，去年夏天他想找一百株小白松来种在自家周围，结果最后在自己的北美油松林找齐，而他还能在那里取得更多。如果北美油松长得不是太高、太密，白松就能在其间冒出，但北美油松却不常在白松底下成长起来。现在如此，两三年前亦然。比方说，我知道某处山坡，从当地残干的年轮判断，那里曾有一座北美油松密林，而在三四十年后，则是大量白松在其间冒出。

因此，如果你砍掉北美油松，接着就会得到一座白松林，而且往往会是一座颇为茂密的树林，间或夹杂一些橡树。这种做法相当普遍。比方说，我在去年秋天检视一座树龄约三十五年的北美油松林，这座松林有一部分在前一个冬天被砍。地主砍掉所有北美油松，却费心留下白松，这些白松如今平均有五到八英尺高，并已形成一片颇为浓密的林子——是一片很有价值的林地。不过，这片小树林里只有三四棵小松树已到能结籽的年龄，或和北美油松一样高大。这些白松已经像原先的北美油松林一样茂密，因此，至少省下八到十年时间。

完全相同的事情，也在上述十三处林地之中的三处被实行。地主虽然利用了白松的这个习性，却不知此为其习性。的确，在某些个案里，这些白松有机会在最终自力取代北美油松，它们长得又好又稳健。因此，正如松树常为橡树做先锋，北美油松在某种程度上亦为白松的先锋。白松接替北美油松而起的例子很多，但我不知道曾有北美油松接替过白松。

酷爱阳光的北美油松

虽然小北美油松在北美油松密林底下比较稀少，但你总会发现它们大量生长在树林边缘的开阔侧。虽然，在树林里，小白松和小北美油松的比例或许是一百比一，但通常在树林的开阔边缘，这项比例会倒过来，你会在那里发现小北美油松和小白松之比为一百比一，北美油松真的很爱阳光。

会迅速往草地扩展的主要是小北美油松，它们或许已将树林的面积向草地推展好几竿。这种扩展完全不会侵入相邻的树林，只会进入开阔地。

我勘查过某座人造白松林，那是一片宽为六竿的狭长林带，大约植于二十五年前，而北美油松的种子被风吹过林间，在白松林外空地大量冒出。不过，没有一株小北美油松，也没有一株小白松在白松林底下冒出。

当一座北美油松林被砍伐，原先围绕在北美油松林边缘开阔侧的小北美油松会继续成长，而在某种程度上代表了原先的树林。我经常看到，在一大片北美油松林刚被砍掉的地方，没有留下任何一株同种松树；然而，在某侧的开阔草地上，却有一片自那些北美油松传播出去的小树林。简言之，这就是北美油松常见的散播方式。

在我对本地林地的分类里，土地经过开垦或清理的时间，如果久到足以扼杀所有的树根，之后再长出来的树林就称作新生林，不过现在长出来的林木种类，可能和土地刚被弃置时就长出的树木并不相同。碰巧的是，我所记得的新生林几乎全是松树林或桦树林（至于枫树，我并未特别注意）。这两种树也会长在从未开垦的土地和林地。

在原无树木之地冒出的树林，主要是松树林、桦树林和枫树林；因此你会看到林木之间有些地方在数年内仍是草地。然而，没人见过成群的橡树这样冒出后，中间还夹着旧草地。橡树会形成萌芽林地，或是生长在刚被砍掉的松树林残根之间。

我猜想，本地最纯的松树林都是最近才从开阔地冒出的。而且，通

常在本地树林里松树最盛之处，在当年松树冒出之时，土地应是最为裸露空旷。

你经常可以看到北美油松、白松和桦树逐渐长满一片草地，而当这些树木长到十二至十五岁，矮橡树和其他橡树便开始出现，逐渐包围苹果树、围墙和篱笆，从而改变该区域的全貌。这些树并非均匀覆盖整个地面，而是按照它们所顺从的自然法则而逐渐群聚。你或许记得，十五年前这片草地上没有一株林木，也没有一颗发芽的林木种子，如今这里已是一片十英尺高的浓密树林。原先的牛路、冬天供你滑雪的洼谷，还有岩石，很快就被包围，成了兔子走道，以及林间的凹地和石块。

如我所说，这种现象以北美油松最为明显。如果你从山顶俯瞰我们的森林，通常会发现白松分布最广，常与橡树等树种形成混生林，而且经常长成直线或蜿蜒的曲线（可能是在山脊上、森林里，偶尔也会扩展成一片密林），还有森林勘查员提到他们曾在缅因的原始林看过白松。白松也比北美油松更常长在未经开垦改变的低地。

生着短硬针叶的北美油松，经常占据地衣繁茂的旱地、旷野或矮丘边缘，这些地方往往原为旧谷田或草地。北美油松独占这些区域，最具优势，因为橡树等树种的新生苗，在这样的环境没有机会长大。

即便你走进最密的北美油松林，还是能在林木底下看出草地的痕迹：地面平顺、扎实，类似草皮，落叶不多，形成的叶泥更少；到处都是一片片绿色苔藓和灰白的山石蕊地衣；可能是已在腐烂的桦树（我认为桦树不会出现在老树林）；或许是一棵老苹果树；有时你甚至能用脚感觉到旧时草地上的牛径，即便你没能用眼睛看出来。在几座这样的新生林里（北美油松林和桦树林都有），我见到从前的玉米田垄依然非常明显，而在这附近的某些林子里，那些田垄是我们的印第安前辈所造。简言之，我不晓得有哪座浓密的北美油松林不是从开阔地长出来的，我已检视本镇超过四十座这样的松树林，并能加以列举。

我还曾在树林里检视过一座北美油松新生林的原址——那座北美油松林在十二到十五年前被砍伐，而其树桩仍可见于继之而起的矮橡树和其他树林之间。我一看到那群树桩就推论，该座树林起自一片开阔地，但我很快就发现一项证据，显示这里确实曾有这么一片新生林——如同从其所出、而仍矗立于北侧的那座树林——亦即，沿着树林较低侧的边缘，也就是陡坡的起点，那里虽然是在树林之中，却有许多成堆的石头，都是从先前耕作的地方翻落堤边而来。

我迄今看过长在非裸露地的最浓密松树林，是某次看到松树跟着矮橡树及各种橡树、桦树，一起大量来到北美油松被砍掉的地方。然而，我并不为此惊讶，因为那里的土壤极为多沙且贫瘠，最初旺盛生长的矮橡树因此未能长满整片地方，所以来自几株残余北美油松的种子仍能成长。

所以，一片林地在被砍伐后，无论因为何故（有时是因为霜害或大火）而保持裸露多年或变成草地，北美油松和白松就可能在那里长成浓密的树林。

人们自然会问："那么北美油松在白人到来之前生长于何处——如果当时确实有浓密的北美油松林存在？是谁清理土地而让其幼苗生长？北美油松如今是否成了一种更为普遍的树种，因为它们更能因应农耕活动并维持自身领域？"

人们通常认为北美油松长在极为贫瘠而多沙的土壤。"北美油松平原"这种说法即为这类土壤的别称。这不就是林奈的"第十六种土壤"吗？然而，我们发现北美油松也会长在土质最好的土地上。这种树在沙地和林泽都能生长，而其大多长在沙地的现象，所证明的不是它们偏爱这类地点，而是被其他树种从较好的土地排挤出来。北美油松平原并非只长北美油松，因为当你砍掉松树，橡树可能就会继之而起。

谁晓得是不是发生大火或印第安人焚林烧荒才造就这么多裸露的平地，进而导致这些树木出现在那里？我们知道，他们不仅年年焚烧森林以利狩猎，还定期清空大片土地以供耕作，这些土地通常都很平坦，而且土质松软，让他们能以原始工具来翻土。一旦这种浅薄土壤的肥力耗竭，他们就会另外再找一块地。



本镇的这种土地，就是印第安人广泛开垦之处，在这些地方最容易看见其遗迹。印第安人不会开垦枫树林泽占据的土地，但我们会，而且他们也不会开垦遍布橡树林的山丘和接连着的谷地。就我所知，在前述那种地区被印第安原住民舍弃后，没有哪个树种要比北美油松更快遍布其上，其次才是桦树和白松。由此可见，北美油松通常不会在树林里大量冒出，但会把握任何林木稀疏的地方或空地，而我们在树林里看到的高大北美油松大多与树林同龄，是跟着树林一起长起来的。因此，我推测北美油松通常不会在橡树林被砍掉后继之而起，或者说，不会立刻如此。不过，若有任何原因让那片土地保持裸露且开阔，北美油松就会逐渐生长占据。

取代橡树的白松

同样的，在开阔且阳光充足的草地上的年轻白松，长得最为粗壮，这是所有挖掘松树来移植的人都知道的。这些年轻白松也像北美油松一样略带黄色，透露出所受的日照。你很容易就能从白松的密度、颜色和粗壮程度，看出曝晒日照的多寡。然而，不同于北美油松，白松经常在树林里冒出，而且在林木浓密处就算长得不好，还是能够存活——只是样貌会大不相同。在北美油松密林里，白松幼株的数量远多过北美油松幼株，即便里头可能没有几株会结籽的白松。但我还猜测，在这种松树林里的白松幼株，也会比在相同密度的白松林里还多，即便有大量的种子产于白松林。然而，我只检视过三处浓密的白松林——惠勒家以外人工林、塔贝尔家沼泽的密生林和布拉德冷洞旁边的那座——这显示北美油松作为白松的防护树，在庇护和遮阴之外，一定还提供了其他胜过白松的优势，因为庇护和遮阴是两者都常有的。

我曾谈到，北美油松老林里的北美油松幼株，只有长在树林边缘和林间空地才会茁壮，这一点也适用于白松林里的白松幼株，只是没那么明显。在一座白松密林底下，你看不到几株白松小树，但有许多小树长在树林边缘和林间空地。

比方说，我曾检视过的布拉德冷洞旁的白松林。在六年之内，其北侧一竿范围内，出现一片极为开阔的草地，而今，虽然围篱已被移除，但整片土地的发展情况和历史，还是可以清楚地从白松的生长和外观看出来。一边是浓密的松树林，底下没有任何小松树；而在只隔了一竿的另一边，仅有两三英尺高的健壮小松树形成一片浓密的灌丛，并在面向树林的这一侧连一道完美的直线，显示那为围篱原先矗立之处，就像测量员能找到的那样。然而，围篱北侧的那些松树似乎不曾受到牛群以外的干扰！

在另一个例子里，有条马路从一大片树林（主要是白松）旁边平行通过，靠近树林的那一侧没有围篱。我发现树林浓密处并无任何白松幼株；但在一竿外、马路的另一边，围篱底下却紧紧长了一排白松幼株，一连好几竿都遮住了围篱的下半截，但它们受到农耕阻止，而不能进一步传播延伸。在马尔伯勒路上，我看到许多白松幼株沿着一座浓密橡树林的边缘而生，但林中几乎连一棵也没有，因为白松也需要阳光和空

气，只是需求不像北美油松那么高。

不过，正如我说过的，在一片白松林里，只要是较为开阔的地方，无论其成因为何，都能见到大量白松幼株冒出来；虽然它们比较瘦弱，但大多都能长大成树。白松幼株会长在白松林里较为开阔的地方，尤其是洼地——甚至会长在树下，只不过会长得瘦弱——正好跟成荫松树的密度成反比。然而，大树长得很密的地方完全长不出幼株。所以，白松也会在任何种类树林里较开阔的部分发芽冒出，比方说，有遭到些微砍伐过的地方。

我也在一座年轻橡树林里，看到白松大量冒出，而且显然要比那些橡树至少小了六岁。看来种子是从好一段距离外吹来的。

我经常在没被其他树种在几年内占满的萌芽林地内，看到白松冒了出来。因此，广大而浓密的白松纯林，在这镇上远不及同样大小、密度的北美油松林常见。白松林里头往往都有橡树。

我在去年秋季造访附近三座最老的橡树林（魏德比、布拉德和茵奇斯），那三座树林不曾被完全砍除过，我在这几处看到白松如何自然地接替橡树，进入并不特别浓密或稀疏的原始林里。

在魏德比的橡树林，许多修长的白松零散地长在林子里，全部在树荫底下，不过只有一棵是大树。

在布拉德的橡树林，许多约二十岁大的白松遍布整片林地，而我确信，如果不加干扰，这里在一百年内会变得比较像一座白松林，而非橡树林。

在茵奇斯，我也注意到许多二十英尺以上、大小不一的年轻白松，长在较为开阔或橡树较稀的地方和谷地；不过，那里确实有几处大片的高大白松林和松橡混生林，尤其是在山丘上。那些较小的白松长得不够高，从远处或山坡上看不到。它们现在除了在空旷地带，长得并不茂密，而是每隔两三竿零星长出，长得瘦高而不起眼。如果橡树被砍掉，这里很快就会出现一座浓密的白松林。看样子，自然演替正在迅速进行。你偶尔看到一棵庞大的老橡树倒卧而腐坏，而其原本的生长位置显然是由松树填补，而非橡树。如果完全不加干涉，现为橡树林的这个地方，将会变成一座白松林。

由此，我们看到一座原始的橡树林如何逐渐从橡树林转变为松树林，当橡树逐渐相继老死腐朽，取而代之的不是橡树，而是松树。或许这就是自然演替发生的方式。在松橡混生林下的开阔处，橡树苗不像松树苗那么容易冒出，因此，当橡树腐坏后，取而代之的会是松树，而非橡树。

在这三座老橡树林里，我看到一场自然演替已然展开，白松正要取代橡树。无论如何，在这三座老橡林，要是橡树被砍伐，不会有新苗从残根发出。只有靠种子才能再长出一座树林，而新的树林种类将不同于旧的树林。如果地主打算除掉橡树，就该细心照料那里的松树成长，既然那些松树已如此主动地前来。

混生林的诞生

我们已看到白松经常接替北美油松而生，就像橡树普遍接替松树那样。白松也会接替白松，这会发生在略为开阔并因此包含大量小白松的白松林被砍掉之后，不过，在这种情况下，会有橡树混杂其中，除非那些小松树既茂密又成熟。如果白松已在橡树林底下茂密生长，也能接替橡树成长，这种情况主要发生在无法发出新芽的老橡树林里。白松能在橡树林一被砍掉，土地变得裸露时就冒出来，但这取决于环境。

比方说，我在去年秋天检视一小片大约十二竿见方的萌芽林地，原有的大型松树和橡树已在前一个冬天被砍掉。那些林木看来约有三分之二为白松、三分之一为橡树。就在裸露地上，我立即发现二十几株一英寸高的当年发芽的白松苗，却未发现任何一株同龄的橡树苗。根据我的观察，白松和白橡每隔数年才有一次大量结籽，而在过去六年间，两者从未在同年丰产。先前那年，白松结籽极多，却几乎不见任何白橡种子。

由此可见，继之而起的森林种类，主要取决于在原先森林被砍的前一年里，哪种树的种子最多产。如果一座树林被砍掉，而那片土地在先前四五年都一直保持相同状态，那么白松就不会以这种方式冒出，因为那里不会有种子。总有一天，地主会在砍掉林地前考虑这些事情。

随着时间的流逝，白松也能取代老橡树林。

混生林的产生有许多方式。虽然橡树苗终将死于茂密的松树林底下，但在松树林里的稀疏处和林间空地，或在松树林边缘，橡树苗却能迅速抽高、长成大树。或者当你疏伐松树林，原本会走上死亡之路的橡树，就会到处冒出；而当你疏伐橡树林，里头的松树苗同样会长成。如果松树小且间隔大，那么被带来松树林里的橡实确实会比较少，但能长大成树的却会较多。

一座树高十到二十英尺的松桦枫橡混生林，在被大火烧遍后，硬木树会迅速从根部再次蹿起，并在几年内长到原先混生林的高度。或者，如果按照自然进展，大火并未发生，那么土壤的肥力最终就会消耗殆尽，变得不适合松树生长。然而，橡树总是随时准备好，要利用松树任

何一丝的衰弱和退让。

在一座大而稀疏的白松林底下，你常会看到数千株小白松，还有许多小橡树苗——你将因此得到一座混生林。橡树一旦站稳脚步，除非整地，否则很难除去。然而，在一座浓密的松树林之后，你较可能得到的大多是橡树。借由砍光并清除整片浓密的纯松树林，你将可以获得一座纯橡树林，而该座纯橡树林在被砍掉后，还可以由从残根发出的萌蘖苗继起。

松树持续偷偷闯进橡树林，而橡树也持续闯进松树林，当松树林和橡树林都不是太浓密，抑或都被焚烧或以其他方式疏开，混生林就会因此出现。当一座北美油松林被砍掉，留下已在底下冒出的小白松，此时小白松往往会和许多小橡树、小桦树等混生在一起，尤其是在小白松长得不是太高、太密的地方，之后这里就会成为一座混生林。在北美油松被砍多年后，如果橡树和桦树等仍未长满整片贫瘠的土地，那么北美油松就可能重新回来与其混合生长。如果你希望一座浓密的纯橡树林老去后，接替生长的还能是橡树，那你几乎就得完全仰赖残根发出的萌蘖苗。如果你砍掉一座浓密的松橡混生林，而里面没有小松树长出，那么一座纯由橡树残根生长构成的树林，就会继之而起。

第十一章
残根间的林地史

由于拥有带翅种子的树种和那些拥有不带翅种子的树种，是以不同方式传播——前者有时全被吹往一个方向，后者则由动物不规则地传播——因此我发现，前者（松树、白桦、红枫、赤杨等）往往长成一片约略匀称的圆形、椭圆形或锥形，一如种子落地时的分布状态；而橡树、栗树和山核桃树等所形成的树林，无论是纯种林或混生林，都有着不规则的形状——除非它们是被散播在未受干扰的松树林，才会承袭其椭圆或锥形的形状。

以这座六岁大的年轻白松林为例，这座树林是在毗邻橡松混生林的草地上冒出，它的树林形状为半月形，其直径落在那座老树林上，面向一棵大白松矗立之处。的确，大多数这样的树林早就被我们的犁头和围篱切直；在此意义上，我们每天都以粗鲁行径做着化圆为方的事情，无论我们在数学上如何计算。这些白松种子往往将以类似方式落在一片橡树萌芽林地，甚至一片老树林。的确，站在山顶望去，我想我能从远方认出松橡混生林里头，这些宽达十二竿以上、略成圆形而规则状的成片松树——根据木材勘探员所述，缅因森林的白松长成“矿脉状”和“聚落状”——而最常填满其间那些不规则空间和缝隙的则是橡树，不过橡树本身也会占据广阔的空间。

巧合的是，比起落叶树，松树不仅本身的树型，就连球果外形也呈现较为规则而完整的圆锥形，而且松树形成的树林也是这个形状。在本地有人居住的地方，新的松树群落——从某个较老松树群落吹来的种子萌发而成——往往要比其出生的树林年轻许多，这是因为地主会接连砍掉或犁除数批的松树或松子，之后才会让大自然行其所是。在自然情况下，松树的传播较为稳健，而不会突然衰微。至少，在天然林里，通常只有大火、昆虫或枯萎病干扰森林的规律进展，而没有斧犁和牛群。

我们的林地当然也有历史，而我们往往能追寻出百年前的样貌，只是我们没那么做。一小片松树林可能有一边或一半呈现我刚才描述的椭圆形，而在另一边全被围篱截直。然而，要是我们能更关注本地林地的

历史，我们对林地的管理，就可以更加明智。

攻城略地的森林之争

今天我在罗陵家林地的边缘——他的矮橡树在此邻接某位邻人小而浓密的北美油松——发现一条非常笔直而清楚的分界线，没有任何一株矮橡树或松树越界。有一片松树林曾经矗立在目前橡树林所在处，当年与其相接的是一片旷野，后来长出年轻的松树。我为林地划界时，经常能够利用这种明显的分界线准确找到路线，而分界线上并无围篱对应地图上的某条线。有一次，我在观察了十竿范围后，竟能划出八十竿的界线。

许多人的田地边缘都长着浓密的北美油松，它们来自当年邻接着田地的北美油松林，只是那些树林如今都已变成硬木树林。

十月中旬的一天下午，我走过本镇外围的田野，远远看到一片年约二十岁的橡树林地，它的整个南侧边缘，环绕着一道狭窄的北美油松林，那道边缘很直，宽度约为一竿半，树龄为二十五到三十岁，这道北美油松林旁边则是一片开阔的田野或草地。这呈现一种很特殊的景象，因为这座橡树林很宽广，其间又无松树，但那道狭窄的边缘却是极为笔直、浓密，而且纯为松树，因此从那一面看去，会以为这是一座松树林。从旁边看去，两者的分别在这季节格外明显，因为橡树全是红色和黄色，而松树则是绿色。我还没走到树林里，就已了解整片林地，并轻易读懂了它的历史。如我所预期的，我发现了有一道围篱将松树和橡树隔开，而两者分属不同地主。

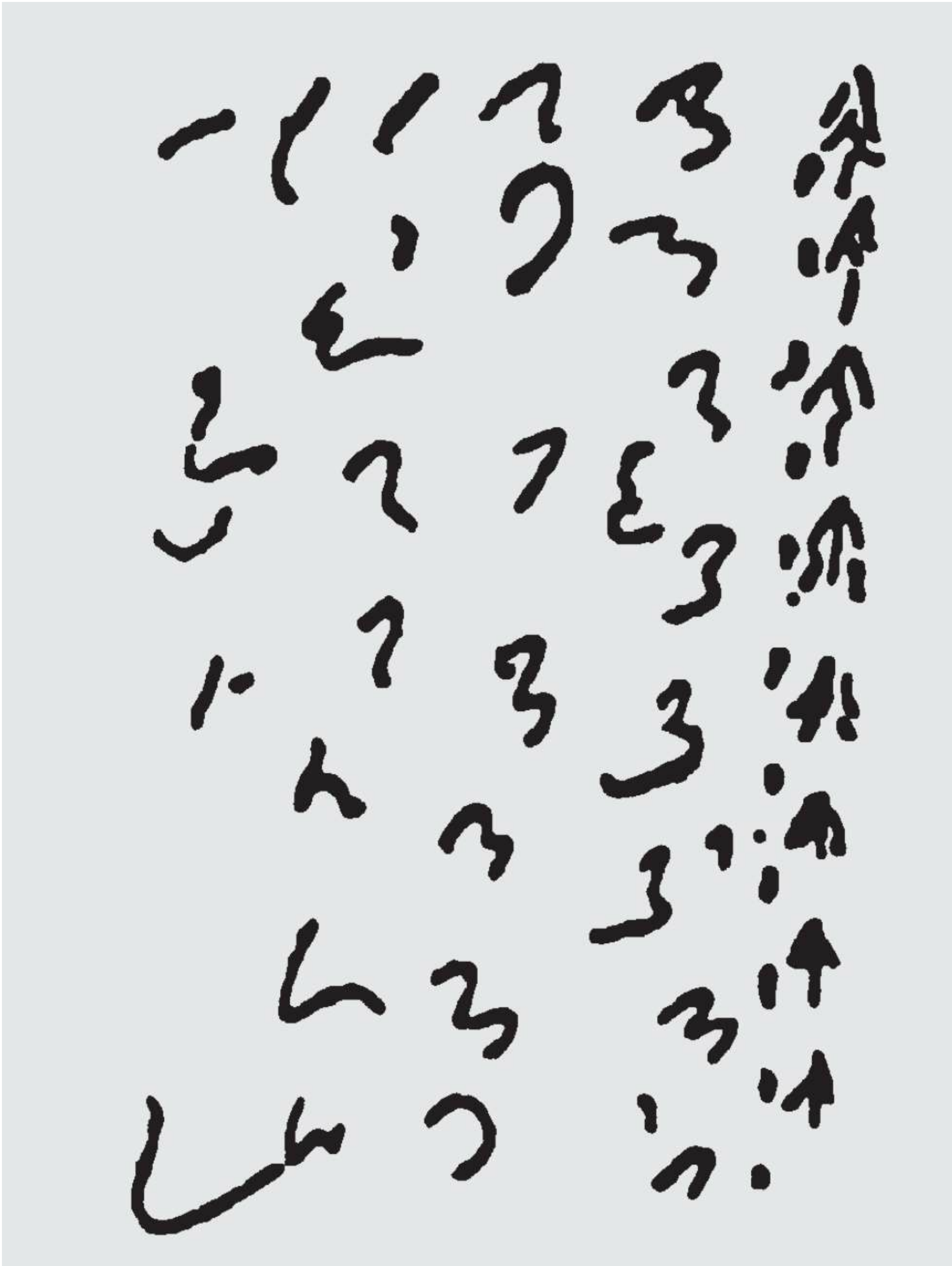
如我所料，我也发现在十八到二十年前，有座松树林矗立在那片橡树林的所在地，后来松树林被砍掉，因为地上可见大量松树桩。然而，在那些松树被砍掉前，它们的种子早已吹进邻人的田地，因此小松树就沿着田地边缘冒出；这些小松树长得如此茂密而迅速，使得这位邻人最终放弃在这一竿半的范围加以犁除或砍除。此外，虽然这些松树之间并未夹杂任何能结实的橡树，但就连这片狭长土地也一如往常地长满未满一英尺的小树苗。

这就是附近无数块林地的历史，即使是更宽广的森林亦是如此。然而，我要问的是，如果邻人让这片狭长林带成长起来，那么他为何不让松树布满整片田野呢？当他最终看到那些松树长大，难道不会后悔吗？

或者，为何要这么依赖邻家树林吹来的种子或指望机遇呢？何不更加掌控我们自己的树林和命运呢？

许多这样的森林几何难题正待解决。比方说，当天午后，几乎就在上述林地放眼可见之处，我在更久远的森林历史里，读到一段更为曲折的故事。

穿越一片瘠地后，我来到一条由浓密的北美油松和白松形成的绿带，长三四十竿，宽约四竿，树龄为三十年。这条绿带的东侧毗连一片广阔的红橡和黄橡混生林。而在西侧，就在那些松树和一片极为开阔、甫经耕作的田野之间，是一条三竿宽的狭长树林，四到十英尺高的白松和北美油松在此从草地冒了出来，我起初没能分辨出这片松树林和旁边的老松树林是不同的。



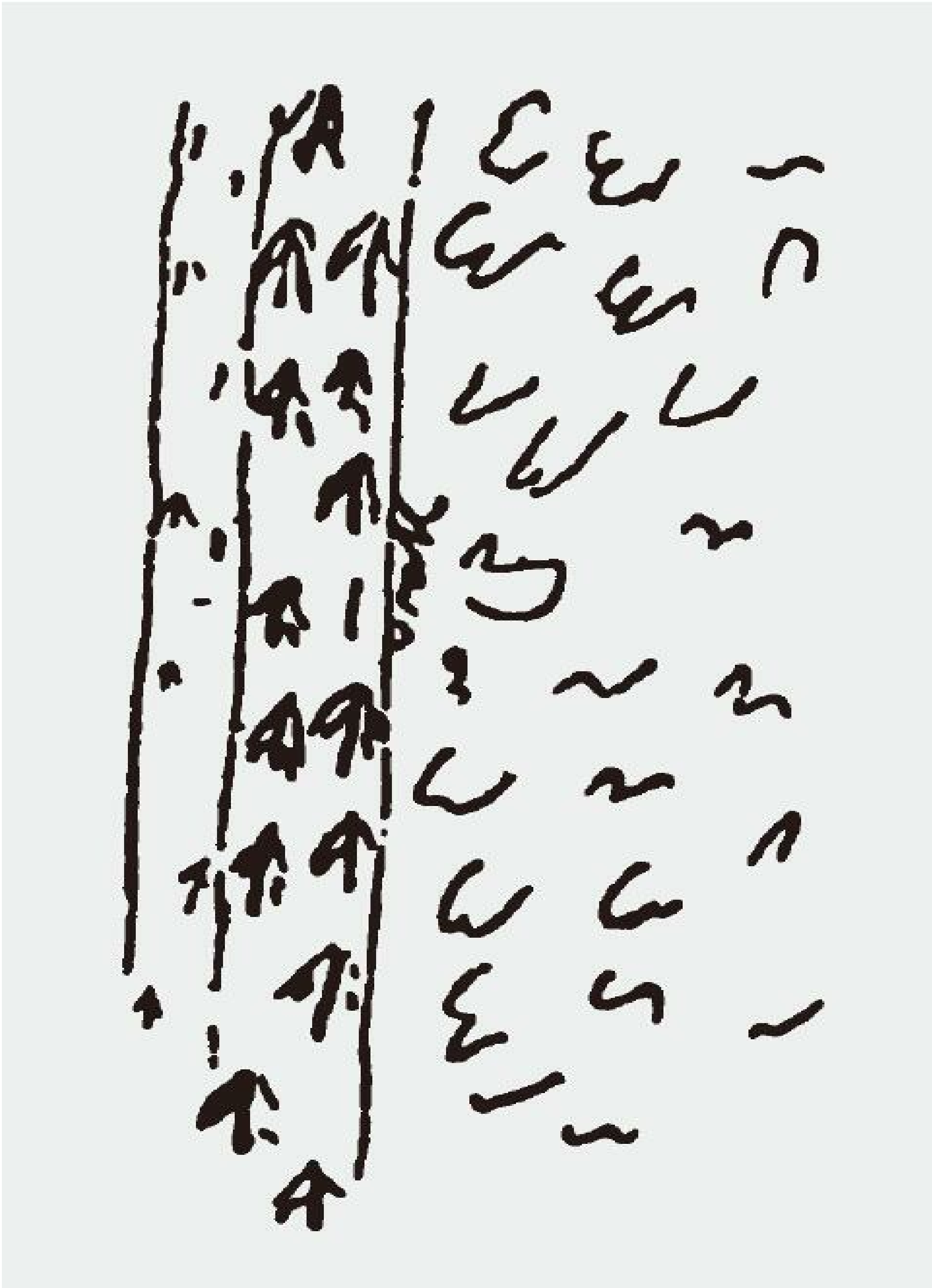
梭罗手绘图，左半部为一片橡树林，右边环绕着狭窄的北美油松林，松林的边缘非常笔直

有了这些数据，就可以用来寻找围墙。如果你稍做思考，那么不用我告诉你，你也会知道围墙位于大松树林和橡树之间。

十五年前，有一座广大的松树林，就坐落在橡树林现今所在处，围墙西边是一片属于另一人的开阔旷野，然而，不久之后，那些松树的种子被吹过墙去，在那片开阔地上长得很好，因此长成了四竿宽的范围，或者说，那些小松树捍卫了自身，而将旷野逼退。

十五年前，那座老松树林被地主砍伐，但他的邻居当时并未砍伐自家那座较为年轻的松树林。这座松树林如今已有三十岁，而且好几年来都努力向旁边的开阔地扩展，就像它们的母树所做的那样。然而，那位地主长久以来都没发现这项暗示，对于他的利益视而不见，只是如我所见的，一路犁田耕作到树林边缘，所有的辛劳只为了一些豆子。然而，那些松树虽非由他所种，却在他入睡时成长；直到在某年春季，他才放弃这场竞争，终于决定不再犁耕松树林三竿内的范围，那些小松树因此茂盛了起来，拥有光明的前途。地主决定不再自讨苦吃了，别再去管最后疆界以外的土地，因此才有了这第二条长着小松树的土地。要是他先前允许松树成长的话，那些小松树原本可以覆盖他那片贫瘠田野的一半，甚至是全部。

细查这片松树林后，我发现幼松占据的那片狭长地带，每株间隔仍大，包含一些白桦幼株、许多香蕨木和薄薄的裸露草地，但橡树苗极少，而且非常小。至于那片大松树占据的土地，则包含数不清的橡树苗——包括白橡、红橡、黑橡和矮橡，以及两种小松树，一些野樱桃、白桦，还有一些榛树和高丛蓝莓。正当松树种子从这片狭长边缘吹进草地，动物也将橡实种在松树林底下。即便是像这片小之又小的松树林，只要长得浓密，就具备一切条件。



梭罗手绘图，最右边为广大的橡树林，中间为四竿宽的三十年松树林，左边为三竿宽的小松树林

于是，这座双重树林一路攻占新（或旧）土地。松树用风之翼将孩子送出，而来自后方橡树林的幼苗，也已在松树底下立足，准备要取代它们。松树是先锋部队，与站在自己前方的孩子并肩抵挡敌火，而小橡树则蹲在它们之间和之后。松树是开拓者，而橡树林则是长久的定居者，买下他人开垦改善过的土地。如我所述，总会有两三棵松树迅速冲过四分之一英里进入平原，那是它们最爱的战场，它们利用很少的遮蔽物，像是岩石或围篱，在那里挖沟围土，建立自己的地位，而你能透过望远镜，看到它们有如羽毛的松叶在那里摇曳着。或者，如同我们所见的，它们不用桥梁就能越过一条大河，然后就像法国的佐阿夫轻装步兵那般，迅速爬上一座陡峭的山丘，将它永久占领，无畏暑热或酷寒。

松树最早跨出，步伐也最大；橡树则在后头小心前进。在此，松树是轻装步兵，为大军提供斥候和侦察；橡树则是掷弹兵，脚步稳重而强壮，形成坚实的方阵。

地质学家告诉我们，松树要比橡树古老，因为松树的演化位阶较低。

即便是在这座又暗又密的三十岁松树林底下，仍有一片宽为十英尺、颇为浓密的蓝莓和越橘的灌丛紧邻墙边（这里还有从田野抛弃的石头），这是此地尚为旷野之时，那片更浓密、更大的灌丛遗留下来的。农人至此被击退三次：第一次是被蓝莓树篱、第二次是被三十年前的松树，而第三次则是被发源自那座老松林的年轻松树。如此，他被迫收下一片林地；然而，或许他会说那是他自己一手所造的。

在这半英里之内，碰巧有两位地主做了完全相同的事，他们勉强收下了一片林地。而我确信，以半英里为直径的范围里，还有更多类似的个案。

但关于刚刚提到的林地，我还没说完呢。

康科德的森林史

几天后，我更仔细检视那座围墙以东的年轻橡树林，发现树桩并非只有约十五年前橡树冒出时被砍的松树（当时的树龄为四十岁，从其年轮清楚可见），令我惊讶的是，还有许多现已腐朽的树桩，属于一座在五六十年前被砍掉的老橡树林。因此，我认出了三次林木演替，或者说五个世代——第一代，五六十年前的老橡树；第二代，继之而起，并于十五年前被砍掉的松树；第三代，围墙以西，现年三十岁的松树，起自第二代林木的种子；第四代，第三代林木以西的带状年轻松树林；第五代，年轻松树林底下的橡树苗。



我经常在我们的森林里发现大量于本世纪初或上世纪末遭到砍伐的橡树树桩，演替过程中的第三代森林，则包含着那些树桩，并在它们上方摇曳着。无疑，我们能在许多地方看到在白人到来以前矗立此地的树木，或者说，至少可以见到树桩，而在这个情况下，我们要比地质学家多了一项优势，因为我们不只可以发现事件的顺序，而且往往也能借着数算树桩上的年轮，来查明事件经过的时间。

如此，你就能展开一部写着康科德森林历史的腐朽莎草纸卷。

我经常见到一座年长而高大的松树林，矗立在一片较年轻却更广大的橡树林中间，那座松树林原先占据整片土地，但由于林主不同，或其他原因，而未被砍伐，如今只留下这些残存部分。

有时我也会在半英里外又见到同龄的松树，两者中间的松树已在三四十年前被砍掉，而由橡树取代；或是在远处发现松树的次生林——尤其是在不属于橡树林主的土地上，这些松树小了一个辈分，源自先前长在现今橡树林地的松树。在祖父辈的年代，或许四分之三英里内全以橡树或松树为主，但如今，因为约翰、莎莉或乔纳这些继承者的需要和想法，打乱了林地的一致性，使得松树和橡树交替出现。

在每年的这个时节，当每片叶子都染上独特的颜色，大自然就清楚印下这段历史——就像一部图解史书——我们从远处就能读取。每棵散落在松树林间的橡树、山核桃、桦树和白杨树，都向一英里外的你讲述自己的故事，你不需辛苦穿越树林去检视树皮和叶子。所有的事实，从各种颜色就能清楚地展现出来。



人与自然的拉锯

在这里，一片林地的历史往往是两种不同目的交错而成的历史，一方是大自然持续、稳定的努力，另一方是地主在最后一刻突然灵光一闪的干涉和错误。后者对待林地的方式，就像我听过某个爱尔兰人赶马那样——站在马前，打着马脸，一路赶过田野。

牛群似乎有种特殊偏好，喜欢冲向年轻的常绿树并加以抵撞，从而把树弄断，就连六到八英尺高的树也被完全毁坏。我不晓得它们的目的为何，也许是为了帮头搔痒。就此用途而言，常绿树因其密度和硬度，似乎特别适合。常绿树经过牛群粗鲁地修剪和剥皮后，我经常在短短范围内，看见数百棵树就这么被弄倒，牛真的会极其特意地找上一棵树来撞。

曾有一头路过的母牛走进我家前院大门，是被我刚移植的那株侧柏引来，它用头磨蹭那棵树，突然间，我还来不及阻止它，整棵树就折断在离地不到一英尺处。我以为它毁了，然而，这棵树竟然撑过这次意外，许多低枝逐渐围着中心挺立起来，在地面上方展开，因此，我现在拥有的不是一根主干修长的树，而是由六根树枝形成的茂密树木，呈现完美、漂亮的圆锥形。有位邻人也有侧柏，他按照常见的生硬手法来修剪，但结果并不让他满意，最近他特地费心找我，问我是如何处理我家的侧柏，才能产生这样的效果。我告诉他，他需要做的就是，在牛群被赶往内陆的季节里，让大门开着。非常常见而脆弱的白松，在这样的事件中，受害最严重。

牛的这种倾向如此普遍，让人以为它们对松树怀恨在心。或者，也许它们知道自身的存续有赖于草地，因此出自本能去攻击来犯的松树，将其视为入侵草地的敌人。牛和松树之间存在世仇，是再自然不过的。无疑的是，草地上那些在离地面不远处就分叉的高大白松——分枝看似竖琴般向上弯起，而无挺立的主干——必定曾在年轻时被牛弄断过。

在某阵强风里，白松的带翅种子会被缓缓吹到落脚处，而在几年后，我们就开始看到大地点缀着它们那欢愉的绿焰，并欣然走过其间。

然而，我经常看到地主毫不在乎地对待这般恩赐——也就是从贫乏

草地冒出的这片森林，他让他的牛群弄倒小树，把大多数小树擦撞至死。一直要到小树高过他的头顶，他才在最后一刻将它们视为树木，并用围篱包围，但多年的生长已被浪费。直到松树粗壮得让他的砍刀无能为力，直到他为了做车轴而不得不来找这些树，他才开始尊重它们，并认为一座松树林会是个有利的投资。难怪他有时看到它们受此对待后竟还存在，感到惊讶不已；难怪他有时会以为它们是从无中而生，因为他曾竭尽所能要将其从有变无。

对于在两种不同进程之间游移的管理方式，我们该说什么呢？这么做或那么做，不都只会扰乱两者吗？我看到许多散布着北美油松或白松的草地，时而可见砍刀大力挥舞。我为我的树感到绝望（我称之为我的，因为地主显然并不认为那是他的）；然而，这项有问题的工作却被执行得很差，虽有牛只和砍刀相助，但那些田野却仍一年一年愈来愈绿、愈来愈像森林，直到农人终于累到放弃这场对抗时，突然发现自己拥有一片林地（而他根本不配）。

现在，究竟是林地还是草地对他最有利可图，我可不敢说，但我能确定的是，林地和草地并存，一定不会获利。

我们的习惯是任由松树传入草地，同时让牛群在那里漫步而与松树争地，偶尔带着砍刀去帮助牛群。然而，在十五到二十年后，松树显然战胜我们两者，即便它们也已死伤惨重、纷纷倒地，这时我们才突然掉过头来，拿着鞭子去帮松树逐出牛群。牛群再也不能用头刮擦松树，并被围在栅栏里。这就是我们大部分林地的真实历史。英国人一直费心学习造林，而我们却以这种特有的模式来造林。很明显的是，我们因此让草地和森林都长不好。

碰巧的是，我在这个十月午后来到镇上这处偏僻地方，不是为了调查这些林地的历史——我曾在这处林地停驻，而我也已叙述过了，而是要去检视一座在前一年冬天被砍掉的浓密白松林，看看小橡树们——我知道地上一定长满小橡树——如今看来如何。

让我又惊又恼的是，那自称地主的家伙竟然烧了整块地，然后播下冬季黑麦！此人无疑打算要在一两年内让树木再长起来，但他觉得若是能在同时间得到一些黑麦，就是净赚一笔。真是愚蠢！大自然早就为这样的变故备妥一切，让小橡树待命多年——那些六岁大的小橡树，带有充满能量的纺锤状根部，树梢也已指向天际，只等阳光触发。但是，地主以为自己更懂，想要先收获一些黑麦，这是他可以立即摸到的好处，

因此他烧了地，又再翻土耙过。

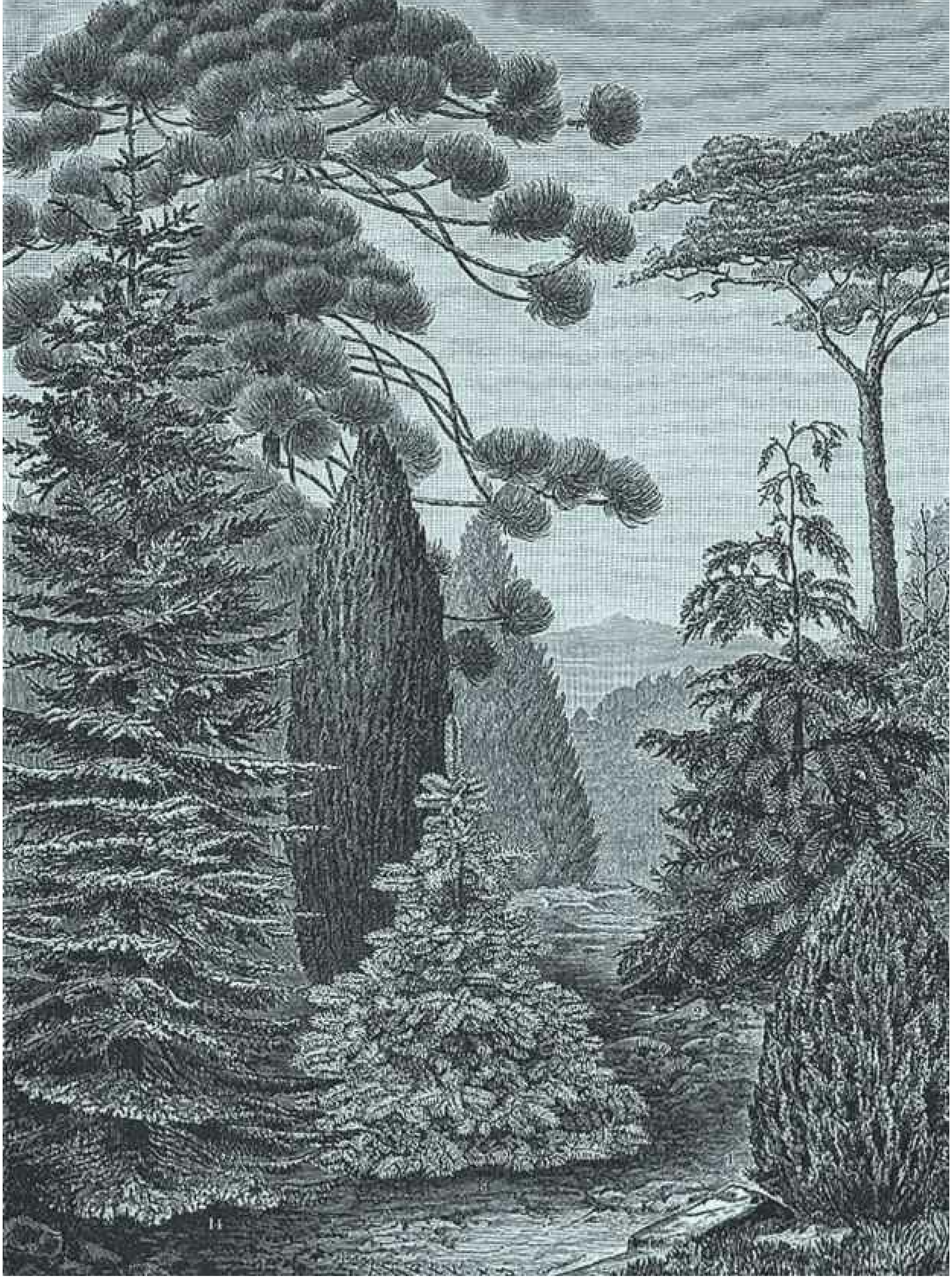
他得到松木赚来的钱，现在又想得到大量麦子，数算麦子带来的钞票——然后才说，大自然，你可以再度自行其是了。这种贪婪得不偿失，因为大自然原本的应变计划，如今也无法继续开展。地主一副好像橡树会等他或听他命令而来的样子！或者，他似乎宁可选择一座三四十年后的松树林或桦树林，而不要立刻拥有一座橡树林。

一两年后，地主若置之不理，那里就会变成一片裸地，或许有一些橡树苗撑过这般对待，不过，再往后，橡树便不能在此冒出，因为橡树必须长在松树之后。然而，松树和桦树或许长得起来，如果有种子能被吹到那里的话，不过那要花上很长时间，此外，这片土地也已得了“厌松症”。



他如此胡搞大自然，令我懊恼，竟然还自称农业家！他需要获派一位监护人。让我们花钱为他的灵魂办场弥撒吧。

镇上应该指派林务员，去监督那些蹩脚的农人。



第二部
梭罗晚期自然史作品

一个人若想活得丰足而坚强，

一定要在自己的故乡。

我已在此度过这四十年，

学习这些田野的语言，

因此更能表达自我。

一个人若想活得丰足而坚强，

第一章
野果

我将以芦笛吹奏一首乡村曲调，

而我相信我所唱的，无一不是受人期待。

编注：这篇选文是《野果》手稿的开头部分，梭罗是在一八六〇年的夏天到一八六一年的冬天，写作这份具有书籍长度的手稿。他在一八六一年二月末或三月初予以搁置，以便全心写作《种子的传播》。

在整个十九世纪五十年代里，梭罗都会在日志里记下康科德各种植物到达某个发展阶段（抽叶、开花、成熟等）的日期。到了十九世纪五十年代末期，他偶尔汇编这些现象的列表，总共计有几十页。自一八六〇年起，他收集数百页这种列表，并将其作为大图表或“岁时历”的数据源，他在岁时历上交互编列各种植物与其达到某个发展阶段的日期。他将八至十年的数据加以平均，而能估算出某种植物达到各个发展阶段的大致日期。

在《野果》里，他按照植物被观察的顺序来叙述，也就是按照植物成熟的顺序。在引言之后，他便从熟于五月十日的榆树翅果开始，并以熟于十一月十六日的北美油松球果作结。到了梭罗搁下《野果》之时，他已完成一份将近三百页的初稿，也写了一百一十二页的二稿；他在完成关于黑越橘（盖氏黑木莓）的一节之后停止，该节就接在本篇选文的末节（《阳光下的矮丛蓝莓》）之后。

如同《种子的信仰》，《野果》也因为许多原因而具有重要性，其中一项就是，它显示一位处于生涯巅峰的重要美国作家，如何成功结合自然和文学，使之相互增益，而非相互排斥。

许多演说家都习惯——而我认为那样很蠢——以高高在上的姿态来谈论他们所谓的小事，劝告大家不要完全忽略它们。然而，他们用以区别的基准不过是十英尺的标杆和自己的无知。根据这种标准，一颗小马

铃薯就是小事，一颗大马铃薯就是大事。一个装满东西的大木桶、一块需要好几头牛来拉的巨型干酪、一场礼炮、一次全州检阅、一头肥牛、那匹名叫哥伦布的马，或是布兰克先生——不会有人把这些称作小事。一个车轮是大事、一片雪花是小事。世界爷这种知名的加州巨木是大事，它所产出的种子则是小事。鲜少旅人曾经注意世界爷的种子，以及其他所有的种子和万物的起源。然而，普林尼说："自然在至微中最胜。"

在这个国家里，一场政治演讲——无论讲者是西华德或顾盛——是大事，一缕阳光是小事。一两位国会议员的肉体被拿走六英寸，比起他们的智慧和男子气概被拿走一码，前者更让人觉得是严重的国家灾难。

我注意到任何被认为顶着"教育"之名的事情——无论是阅读、写作或算术——都是大事，但几乎所有构成教育的事情，在上述那种演讲者看来都是小事。简言之，凡是他们不懂也不关心的，都是小事，因此，几乎任何良善或伟大的事情，在他们心里都是小事，而且很难变成大事。

当一个果实的外壳从果仁剥离下来，大家几乎都去追逐外壳，并向其致敬。在世上广为传播的，只是基督教的外壳，其果仁仍最为微小而珍贵。没有哪座教会立基于此。遵循更高的法则，常被认为是渺小的最终体现。

我注意到，许多英国博物学家都有一种可怜的习惯，总把自己的正事说成是闲混或浪费时间——不过是干扰重要工作和"严肃研究"的事情，而他们必须为此请求读者原谅——仿佛是要让你相信，他们其余的时间都奉献给某种真正伟大而重要的事业。然而，我们从未听到他们就此有更多的发表，如果那真的是某种伟大的公共或慈善事业，那么我们应该有所听闻。因此，可以断言，他们一直从事的高尚事业，就是给自己和家人提供食物、衣服、住家、温暖，而这些事业的主要价值，就是让他们能去追求他们自己如此轻慢提及的这些研究。他们所指的"严肃研究"则是记账。相对而论，他们所谓的重大事业和严肃研究真的是在浪费生命，难道他们蠢到不晓得？实际上，那只是一种虚伪的言辞。全人类都仰赖他们提供的精神食粮。

乡土的滋味

我们大多数人跟自己乡土的关系，仍然就像航海家之于海上未知岛屿那样。我们能在任何午后，在乡野发现一种新的果实，它的美丽外形或甜味将令你吃惊。当我在散步途中看到一两种我不知道名字的莓果，这表示未知事物的比例是极其的高。

当我航行在康科德这片未知的海域，各个小山谷、沼泽和树木繁茂的山丘，就是我的斯兰岛和安波那岛。那些进口自东方或南方的名贵水果，售于本地市场，像是柑橘、柠檬、菠萝、香蕉，还不如许多被忽视的野生莓果那样引我注意。每一年，那些莓果以它们的美丽，为我某次的野外散步增添魅力，或是让我发现美味可口的户外风味。我们在自家院子栽培进口的灌木，想要欣赏果实之美，而周遭田野那些至少同样美丽的莓果，却不受重视。

热带水果属于热带居民。它们最美、最甜的部分是进口不了的。一旦运来这里，就只受到那些往来市场的人关注。让我们新英格兰地区的孩童看起来、吃起来最开心的水果，不是古巴的柑橘，而是附近草地的白珠树的果实，因为，某种水果的绝对价值，并非取决于它是否来自异国、尺寸大小或营养成分。



我们并不看重餐桌上的水果，那些是专属于高官和老饕的。它们会让想象匮乏，不像那些野果那样可以喂养想象。在萧瑟的十一月漫步走过黄褐色的土地，于途中小口啃食白橡橡实、品尝那种苦甜味，这对我来说胜过一片进口菠萝。南方人大可留着他们的菠萝，而我们也将满足于我们的草莓，这就像是在菠萝之中拌入“采草莓体验”，风味获得极大提升。那些进口到英国的柑橘，比起当地篱笆上的蔷薇果和山楂果，算得了什么呢？英国人可以轻易放弃前者，但不能没有后者。问问华兹华斯或任何懂得英国的诗人，他觉得何者才是他的最爱。

这些野果的价值并不仅仅在于让人拥有或提供食用，而是可以欣赏和享受。这可见于fruit一词的起源。该词来自拉丁文*fructus*，意指“被使用或享用的事物”。若非如此，采莓果和逛市场会是近乎同义的体验。当然，你做某事情觉得有趣，是因为这件事所具备的精神，不论那是打扫房间或摘取芜菁都一样。桃子无疑是一种非常漂亮而可口的果实，不过，采集桃子来贩卖，远不及采集越橘来吃那么充满想象力的乐趣。

某人斥资备船，将一批男子和少年送往西印度群岛，经过六个月或一年，该船满载菠萝而返；如果此行达成的，只有投机商人通常冀望的目的；如果其结果只是所谓成功完成一趟冒险旅程，那么，我对于这趟远征的兴趣，还不如某个孩子第一次到野外去采越橘，他会因此认识新的世界，经历新的成长，即便他带回家的只有篮子里那一及耳[1]的浆果。因此，我认为后者探险的结果优于前者，那是一种更具成果的远征。那些报刊主笔和政客那么强调的事物，其实只是一场空。

当然，任何经验的价值并不在于我们获得多少金钱，而是在于我们从中获得多少成长。如果买卖橘子和菠萝要比摘采越橘或芜菁，更有助于某位新英格兰地区男孩的成长的话，那么他理应更看重前者，但事实不然。不，最让我们珍视的，并不是商人自远方进口的水果，而是你亲自用篮子取回的野果，你为此去到某处偏远山丘或沼泽，走了整个下午，采得当季最早的产物，带回家和友人分享。

通常，你得到的愈少，就愈快乐而富足。富人的儿子得到椰子，而穷人的儿子得到山核桃；然而，最糟的是，前者从未得到椰子的精华，而后者却能得到山核桃的精华。商业行为所攫取的总是果实最粗糙的部分——其实只有外皮而已，因为商业的双手非常笨拙。塞满船舱、被出口和进口、支付税金，并在最终于店铺里贩卖的，只有外皮的部分而已。

一个重要的事实就是，你无法交易买卖最佳的果实或果实的最佳部分，也就是说，你买不到果实至高的效用和乐趣。你买不到亲自采摘果实带来的愉快，甚至你也买不到好胃口。简言之，你买得到仆役或奴隶，却买不到朋友。

大多数人都很容易上当。他们总是行经相同路径，从而必会落入任何设在途中的坑洞或陷阱。任何事务只要是有众多成年男子认真从事，就被视为可敬，甚至伟大，必为牧师和政治家所认可。比方说，草地上的蓝色杜松子被认为仅具美观，这些果实对于教会或国家又算什么呢？某位牛仔或许懂得欣赏——真的，所有住在乡下的人都懂——但杜松子并未受到任何社群的保护，谁都能去摘采。然而，一旦作为商品，杜松子就获得文明世界的关注。去找那代表英国人的英国政府，然后问道：“杜松子的用途为何？”——答案将是：“用来给琴酒调味。”我读到“每年有好几百吨从欧陆进口”到英国作此用途。“不过，就连这个数量，”那位作者说，“也还是不能满足这种烈酒的庞大需求量，不足的部分则由松节油补上。”这不是在使用杜松子，而是严重的滥用，这是一个明智的政府——如果世上真有这种政府的话——不会去做的事。牛仔还比英国政府更有见识。让我们仔细分辨，并以适当名称来称呼它们吧。



因此，请别以为我们新英格兰地区的果实低劣而不重要，却认为外地的水果高贵而难忘。我们自己的果实无论是什么，都比任何其他果实重要得多。它们教育我们，让我们适合生活在新英格兰这里。对我们来说，野草莓优于菠萝，野苹果优于柑橘，栗子和山核桃优于椰子和杏

仁，原因不仅在于它们的风味，而且在于它们在我们教育里的作用。

如果你只是想说本地野果的滋味不足，那么我们将为你引述波斯王居鲁士的名言：“一地不能兼产美味的果实和英勇的战士。”

---

[1]及耳，英美液体容量单位，1及耳合0.1183升。

野果的登场序曲

以下，我将按照这些现象被观察到的顺序来谈。

五月十日，榆树在叶芽尚未展开之前，满树的翅果却已让它具有一种枝繁叶茂的模样，或者像是长满了小小的蛇麻花一样。榆树应是本地乔木和灌木之中最早结籽的。榆树结籽之早，让许多人误将未落的果实认作树叶，而我们街上最初的绿荫就是来自榆树的种子。

约略同时，到了五月十三日，本地柳树开花最早的水杨柳，就在温暖的草地边缘伸展一两英尺长的绿色嫩枝，上头长满三英寸长、弯曲有如毛虫的串串果实。如同榆树果实，这些果实也在叶子出现前在树上形成醒目的一片绿。不过，现在有些果实已开始迸裂、露出绒毛，使得水杨柳在本地的乔木和灌木之中，是紧接榆树之后开始散播种子的树。

三四天后，草原柳和本地最小的矮毛柳，通常都在比椤树和早熟白杨更高、更干的地方开始展露绒毛。矮毛柳普遍会在六月七日前结籽。

早在五月十四日，人们就常到河边摘采菖蒲内层的叶子来吃，总会在那里发现小小的肉穗花序，上面有着绿色果实和花苞。草本植物学家老杰勒德这么描述它们："菖蒲的花是一种长长的东西，很像香蒲；约与一般芦苇等粗，长约一英寸半，颜色为黄绿色，上面呈现奇妙的格子状花纹，仿佛系以黄色和绿色丝线交织而成。"

到了五月二十五日，花苞尚未盛放，而且还很嫩，正是适宜食用的时候，能让挨饿的旅人充饥。我经常把船划过去摘取，穿过整片最近才刚冒出水面的菖蒲。长在最内侧、靠近植株基部的嫩叶颇为可口，这是孩童都晓得的。他们就像麝田鼠那样爱吃。六月初，我看到他们甚至走上一两英里路去采菖蒲，带回大把大把的叶片，有空的时候就吃。过了六月中旬，肉穗花序开始结籽，就变得不宜食用了。

你在春天初次捣碎菖蒲，会发觉那股特殊香气多么宜人而奇妙。这植物从湿润的大地，吸取了多少岁月的香气！

杰勒德说，鞑靼人对菖蒲的根"很看重，要喝的水一定得先泡过它

的根（此水是他们的日常饮料）”。

约翰·理查德森爵士告诉我们，“这种植物的印第安克里族语的名称，意为‘麝田鼠吃的东西’”，而英属北美地区的印第安人则以这种植物的根部作为腹痛的药方：“约略豌豆大小的菖蒲根部，经过火烤或日晒干燥后，即为成人的一剂药量……若给孩童服用，则锉磨根部，将根屑配上一杯水吞服”。谁不曾在儿时因为肚子痛而吃了这个药方？不过我们都会配着一团糖，这是克里族男孩所没有的。这或许是印第安人沿用最久的药方。一药入肚，我们就像麝田鼠那样，可以开始享受夏季。这是我们和麝田鼠同桌享用的第一道菜肴。我们也会吃蒲公英，那也是麝田鼠的菜。麝田鼠很像我们；我们也很像麝田鼠。



五月二十日左右，我看到第一株山柳菊结籽，正等着被风吹过草

地，跟雏草一起染白草地，然后漂浮在水面上。它们如今已将自己高高抬离地面，比我们发现它们最初开花时要高得多。如同杰勒德对英国的蒲公英所做描述，“这些植物长在阳光充足的沙岸和未耕地”。

我最早于五月二十八日就开始在水面上看到银白枫的翅果。杰勒德关于欧洲山区某种“大枫树”的记载，可适用于这些翅果。他在描述其花朵后，接着谈道：“开花之后，接着生出两两相连的修长果实，一个果实跟另一个果实彼此相对，果仁在两个果实相连处形成凸起；其余部分则是又平又薄，有如羊皮纸，或是蚱蜢的内翅。”

二十日左右，本地银白枫那种类似的大型绿色翅果就很显眼。这种翅果长近两英寸、宽近半英寸，翅膀内的翅脉伸展直到边缘，让它看起来有如一只绿色的蛾，准备载着种子起飞。到了六月六日，银白枫翅果已落了大半，我注意到这些种子飘落的时节，大约与罗宾蛾破蛹羽化同时，我偶尔会在早晨发现它们坠落在布满枫树种子的河面。

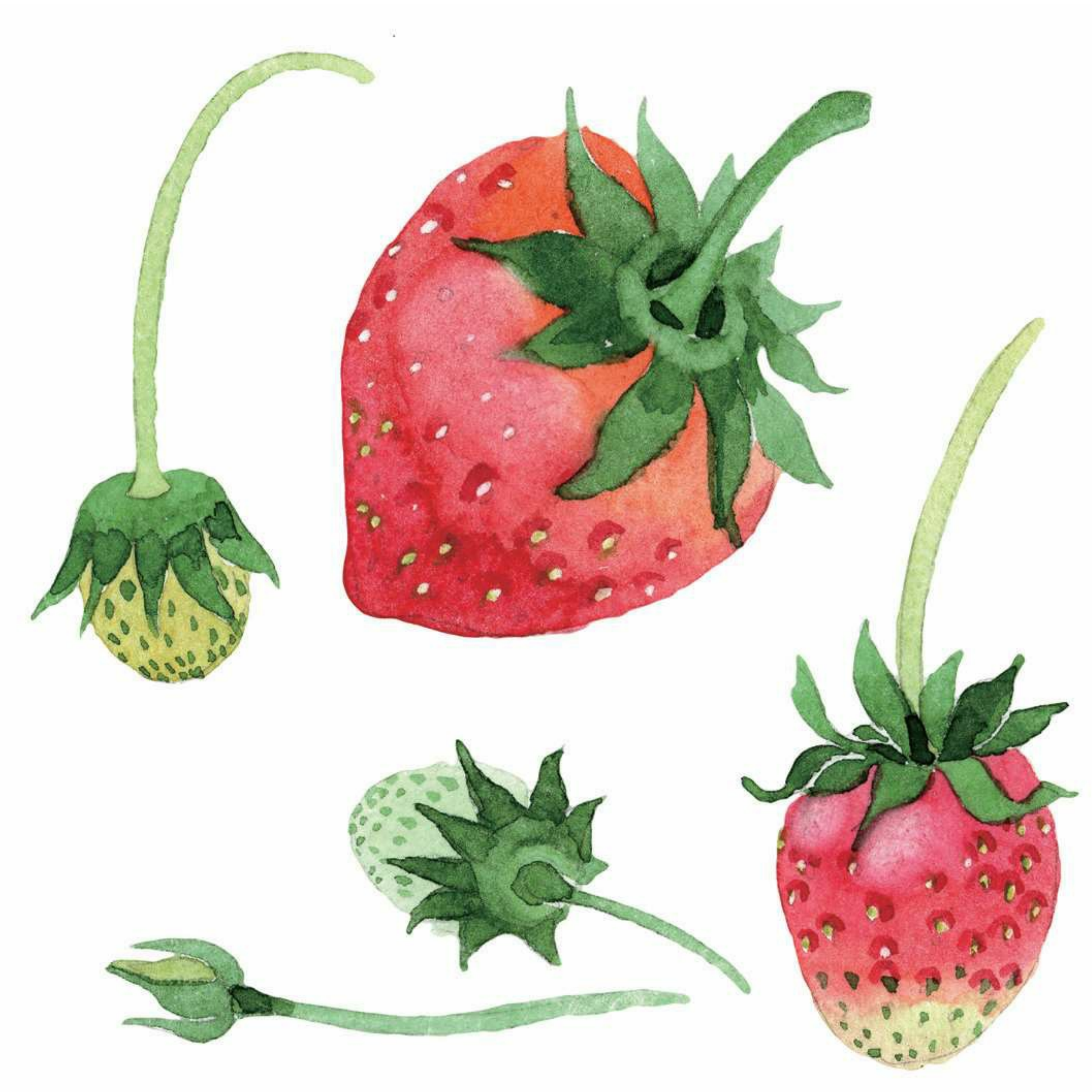
红枫翅果的大小不及银白枫翅果的一半，却美上数倍。你会在五月初注意到这种小果实刚刚成形，这时有些树木还在开花。随着果实越长越大，树梢也逐渐染上一片棕红色，几乎像桦树一样红。约莫五月中旬，林泽边缘那些果实将熟的红枫，正是大地的一大美景，尤其是在适宜的阳光里观赏。

我现在站在某片林泽里的一座小丘的底部，面向阳光观察几竿外的一棵年轻红枫。翅果的颜色鲜艳，呈现某种绯红色，果梗长约三英寸余。这些双翅果有着颜色比翅果略深的果梗，果梗先是优雅地向外拱起，然后才下垂。翅果们不均匀地分布在树枝上，在风中颤动着。

如同唐棣的花朵，红枫这种漂亮的果实大多见于光秃秃的树枝上，这时无论是枫树或是其他树的叶子都还没出现呢。红枫翅果约于六月一日大致成熟，而且多为显眼的亮红，而非深红。这种果实会在六月七日左右掉落。六月一日时，大多数树种都已开花，并在形成果实，而青绿未熟的莓果也开始出现。

草莓，大地的第一抹红

草莓是本地最早熟的可食野果。我最早在六月三日就发现成熟草莓，不过通常是在六月十日左右，或在栽培种上市之前才会成熟。到了六月底，草莓达到极盛期。草地上，草莓的成熟要晚上一周，而且直到七月末都还有。



就连老塔瑟那样多半忙于粗重农事的人，也用他那朴实语调在其诗作《九月》里吟诵：

老婆，进到园子去，帮我整块地，

种上草莓根，要是最好的：

生长在外头，林中荆棘间，

好好选取和移植，结果好得不得了。

草本植物学家老杰勒德在一五九九年之前，写下这段关于英国草莓的鲜明描述，也完全适用于我们的草莓。他说：

> 草莓的叶子在地上展开，边缘略呈锯齿状，细长的叶柄长着三片叶子，有如三叶草，叶面为绿色，而叶背则偏白；其间长出细长的花梗，上头会长出小花，小花长着五小片白色花瓣，中间的部分略呈黄色，开花之后结果，果实类似桑葚或树莓，颜色为红色，尝来有酒味，果肉多汁而色白，里面包含细小的种子。根细而长，上面发出许多细根，不断向外延伸，草莓便借此扩展族群。

关于果实，他又说："它们带来的营养稀少且淡，要是恰好在胃里腐败，则营养等于零。"

五月三十日，我注意到有未熟的草莓果实，两三天后，那时我大约走到干燥裸露山丘的南坡，或是灌丛间裸露而有遮蔽的地方，突然想到草莓可能已结果。我去仔细察看草莓最喜爱的生长环境，就在山顶下方，我发现正在转红的果实，最终在极为干燥而阳光最足的地点或是坡顶，找到两三颗让我乐意称作成熟的草莓，不过它们全都只有向阳面变红。另外，我也看到一颗半熟的草莓，长在铁路堤道的沙地，甚至在开挖沟渠后弃置在草地的沙土上，也有看到。

草莓果实处于红色的下层叶之间，难以立刻发现。仿佛大自然有意隐藏这种果实，尤其是对于心里没准备碰上它的人。这种植物多么谦逊，就像一片不被注意的地毯。没有哪种可食野果像这些最早熟的高地草莓一样贴近地面——除了沼泽蔓越莓，但它们需要煮过。因此，弗吉尔把草莓称作"长在地面的草莓"。

哪种风味能比这小果子更可口？自夏季开始，大地就散发着这种滋味，但它们却丝毫未经我们的照料。多么美丽又美味的食物啊！我赶忙采食这每年最早出现的果实，即便它们底面尚绿，仍有点酸，且因长得太低而沾上沙土。我连同少许草莓风味的泥土一起尝。我吃了好多，多到至少足以染红手指和双唇。

隔天，我在类似地点采了两三捧成熟的草莓，或者说，是我愿意称作成熟的那些，最大、最甜的草莓长在悬于沙地的藤蔓上；而与此同时，我通常也会首次嗅到，噢，甚至吃到那种奇怪虫子（某种盾蝽科）的味道，我们常说那尝起来就像某种家里常见的虫的味道——就这样，我已准备好迎接这个季节了。如你所知，这种虫子“只需爬过果实，就能留下”它那独特气味。就像狗占据着马槽一样，这虫子坏了你满口草莓的滋味，但它自己却不享用。真是奇妙，这家伙是凭着怎样的本能，找到它的第一颗草莓的。

想找到早生的草莓，你得到草莓偏爱的裸露地看看，像是山坡上的小土墩，或是牛群过去几年来用脚扒出的小沙坑，当时那些牛只刚来到这片草地，正为了该谁当领袖而争闹不休。有时候，草莓会因它们近来的冲突而蒙上尘土。

我在春天里不时闻到一种难以形容的甜美香气，而且也做了很久的记录，但始终无法找到它的任何来源。这或许就是古人所说的那种大地甜香。我并未发现散发那气味的花朵，也许是来自果实。这再自然不过了，大地最早结出的果实散发近来空气里弥漫的香气，将春天的甜香具体而浓郁地呈现出来。找到那香气散发之处，不久，就能找到天赐食物，就是草莓。每颗草莓的汁液，不也正是从空气萃取而来的吗？

草莓不但滋味好，香气亦佳，其拉丁文学名中的*fraga*，据说即是因其香气而得。草莓的香气就像白珠树的果实一样，非常浓郁。有好几种常绿树干的嫩枝，尤其是冷杉香胶，闻起来也很像草莓的气味。

百人中仅有一人晓得上哪儿去找这些早熟草莓。这就像某种秘传的印第安知识。我很清楚是什么在召唤那位学徒，让他在本周日早晨越过我家的小径往山坡走去。无论他住在哪处工厂或小屋，每当最早的草莓转红，他就会像我谈到的那种臭虫一样出现，即便他整年都藏而不见。这是他的本能。然而，其余的人就连做梦也没想过这种事情。这少量的野草莓，总在大众发现之前来了又走。

对于你邻人辛苦种来卖的草莓，那些果园里的、市场篮子里的，还有箱子里的，我评价不高。最令我感兴趣的是干燥山坡上那一小片一小片的天然草莓，即便我起初或许只能得到一捧，但在那里，有时草莓会将地面抹成一片红，原本贫瘠的土壤，全都缀满草莓——没有雇用园丁除草、浇水或施肥。那些莓果如今在这瘦瘠草地独占十余英尺，成为草地上最繁茂的物产，不过，若无丰沛降雨，它们很快就会变得干瘪。

有时，我的第一口草莓，也会在不同的情况下尝到。记得有次泛舟逆河而上，突然遭遇雷阵雨，我就把小船划向一处坚硬而倾斜的河岸，把船翻过来，而在底下躲雨。我在那里贴着地面躺了一小时，因而有机会发现此处出产些什么。雨势一缓，我爬了出来，伸直双腿，随即在一竿之内遇见了一小片草莓，那片草地全被草莓抹红，我便在仍有稀疏雨滴落下之际，摘取了它们。

然而，我们虽然得到这份礼物，却难免有些不安。六月中旬已过，干燥多霾的天气到来。我们更加深陷于大地的薄雾之中；我们处在更差的环境里，在这些日子里，我们越发远离天堂。就连鸟儿的鸣唱也少了几分活力和生气。希望和期待的季节逝去，小果子的季节已至。我们感到有点悲伤，因为我们开始看到希望与现实之间的差距。天堂景象被雾霾夺走，只见一些微小莓果。

我在萌芽林地发现一片片大而健壮的草莓植株，不过它们似乎都只有长叶而极少结果，在干燥天气来临之前，它们将能量完全用于叶子。只有干燥高地那些早熟而矮小的植株，在干旱之前结出了最早的草莓。

在许多草地上，你也会看到一片片浓密的草莓植株，叶子繁茂却无果实，不过有些草地的草莓同时长出叶子和果实，那一簇簇的果实最漂亮。在七月里，这些较为繁茂草地上的草莓成熟，吸引许多人踏着高草去找。从上方看去，不易察觉它们，但当你将高草拨开，就会发现它们深藏在根部附近的小洞里，受到遮阴的保护，而别处的草莓已经枯干。

然而，通常我们只是在草莓的附近尝尝，然后就带着染红而芳香的手指继续前进，直到那红渍在来年春天被洗掉为止。在这一带散步的人若能一年得到两三捧草莓，就算不错了，他会欣然把一些未熟草莓和叶子跟这些草莓混在一起，做成某种色拉，而他会记得的，会是那些成熟草莓的风味。然而，内陆的情况则非如此。草莓在那里出产丰盛，因为这种植物喜欢凉爽的环境。草莓据说“产自阿尔卑斯山和高卢森林”，但“为希腊人所不知”。从本地往北一百英里，在新罕布什尔州那里，我

见过草莓大量长在路边、草丛里，还有在附近山丘上到处刚被清理的土地，那里的树桩周围也长了许多。你很难相信那里的草莓是用怎样的精力在结果。那些草莓通常距离鳟鱼出没的地方不远，因为两者所喜欢的空气和水是一样的，而在新罕布什尔山区里的小屋，通常都会提供给旅人草莓和鳟鱼钓竿。我听说，在班戈附近，草莓出现在及膝高草的根部。在炎热的天气里，人们还未看到草莓，就会先闻到香气。还有，在可以望见十五英里外佩诺布斯科特河及河面上百艘纵帆船的山地，也有草莓。在那里除了少有银匙和银盘，其他东西都很充足，而人们有时就把无数夸脱的草莓倒进一个牛奶锅里，拌入奶油和糖，大伙儿就围坐等候，各自手持一把大勺子。

赫恩在其《北方海洋之旅》谈道，“草莓（印第安人称为Oteaghminick，因草莓的外形颇似心形）和那些果大味美的，最北可见于丘吉尔河”，尤其是在经过焚烧的土地上。约翰·富兰克林爵士指出，草莓的克里语名称为Oteimeena；唐纳则说，草莓的奇佩瓦语名称为O-da-e-min——显然和克里语是同一个词，因为所指意思全都相同。唐纳说，奇佩瓦人经常梦到前往另一个世界，但当某人抵达“大草莓时，亡者的灵魂便会于途中在此用膳”，但当拿起汤匙要挖下一块之际，他就会发现大草莓化作石头，成为据说遍布苏必利尔湖周围的软质红砂岩。达科他族则将六月称作Wazuste-casa-wi，意为“草莓红了的月份”。

从伍德约于一六三三年出版的《新英格兰景色》一书可见，这里的草莓在被农耕削弱和逼入困境以前，远远更为丰产而硕大。“有些草莓，”据他所说，“周长两英寸；一个人一上午就能采到半个蒲式耳。”

草莓是大地的第一抹红，是朝霞的红，是只长在奥林匹斯土壤中的诸神美馔。

威廉士在其《美洲语言之钥》里谈道：“英国有位重要医师常说，草莓是上帝造过最好的莓果了。在原住民种植草莓的一些地方，我多次看见多到可以装满一艘船的草莓长在几英里范围内。印第安人将草莓放在钵里捣碎，再跟粗磨粉相混，然后制成草莓面……数日不吃其他食物。”

布谢在其一六六四年出版的《新法兰西自然史》里告诉我们，这片土地长满数量惊人、取之不竭的树莓和草莓；而罗斯基尔在一七九四年的《兄弟会北美传教史》中谈道：“草莓长得又大又多，整片平原好像覆上一块漂亮的红布。”一八〇八年，一位南方人彼得斯先生，致信费

城的某个协会，证实以下说法：弗吉尼亚州某处占地八百英亩的森林地，在上个世纪火烧之后冒出大量草莓。他说：“老乡民总是谈道，当时草莓产量极多、占地很广；他们说，那些草莓熟透的时候能从大老远就闻到。其中几位描述草莓在开花时会布满一大片，这情形要不是经过证实，会让人以为是虚构的。大自然披上这袭无可仿效的华服，无数的蜜蜂嗡嗡地来回花果间，加上（大片土地）边上起伏而多样的高山，这一切确实能造就一幅田园意象，可供赋诗。”

那些研究新罕布什尔州城镇历史的人告诉我们，“草莓已不如从前土地初垦时那般丰产”。其实在这一带，草莓和本郡的精髓也已消逝。赋予草莓拉丁学名的那种难以形容的香气，再也不能从我们施过肥的田野散发出来。如果要找这种浓郁香气和未垦处女地所产的完美果实，我们就得前往北方的凉爽河岸，也许日晕上的光点，在此将草莓种子撒在阿西尼博因河的大草原上——据说当地因为盛产草莓，而染红了野马和水牛的足蹄；或者前往拉普兰，有人读到，拉普兰人那些平凡屋子上头耸起的灰色岩石，的确会因野草莓而泛红——那些奇妙的草莓在拉普兰到处冒出，多到足以染红驯鹿的足蹄和旅人的雪橇，而其花朵却是精美无比，就连俄国沙皇也派出骑马信差一路送到他的夏宫。这就发生在拉普兰，那片暮光之境，那片你不期待阳光足以强到染红或催熟草莓的地方！然而，别再只因爱尔兰或英格兰人，在栽培种底下铺着干草，就继续使用“草莓”这般低劣的名称。拉普兰人和契帕瓦族的印第安人可不是那样叫的——最好是用“心莓”这个印第安名称来称呼，因为它们确实就像一颗绯红的心，我们在初夏吃下之后，便能勇敢度过一整年，就像大自然一样。



偶尔，你会于十一月里，在遥远的地方发现第二波的草莓，带着一种淡淡的夕阳红，回应那抹朝霞红。

春天的莓果飨宴

野生树莓在六月二十五日之前开始成熟，一直持续到八月，高峰期约于七月十五日。

看到这些鲜红莓果挂在大而多叶的灌丛上——或许是在蜿蜒走过树莓丛时，我们摘取滴着雨水的果实——令人惊觉一年的行进。

我觉得树莓是一种最为简单、纯真又超凡的果实。某个欧洲品种被适切地称作“我梦想”。在这一带，树莓主要长在开阔的沼泽，但也长在山顶，不过鲜少结出多到令人注意的果实。然而，在多雨的夏季里，像是在一八五九年和一八六〇年，树莓在这一带某些地方结果颇丰，而被摘来作为餐桌上的佳肴。

就像草莓那样，树莓也爱新垦地，亦即甫经焚烧或清理的地方，那里的土壤仍然潮湿，而在本地，这种土地在从前相当常见。

印第安人和白人，古代人和现代人，都会过去摘采这种小果子。英国植物学家林德利说道：“我眼前的三株树莓，是从取自某具男性遗骸胃部的种子发芽长成的，该遗骸发现于（英国）地表以下三十英尺处，还有一些哈德良皇帝的硬币陪葬，因此那些种子可能已有一千六七百年历史。”然而，这番主张的正确性已受质疑。

我偶尔会在九月中旬，在沼泽里看到一些依然新鲜的莓果，而我也听说某些地方到了秋末还能找到第二批果实。

普林尼看到欧洲的树莓最后枝条弯了下来，并在末端生根，因此若非农耕活动阻碍它们的发展，树莓将会占据各地，于是他说，所以“人类似乎天生要来照料大地”，而且，噢，“这么一种最为有害而可恶的东西，也教导了我们利用压条和扦插来繁殖的技艺”。

我看到红桑葚成熟于六月二十八日，还有一些是在七月二十六日。我知道有一两棵红桑树长在田野上，但它们可能是被人种在那里的。普林尼谈到桑树：“它们开花的时间很晚，但果实成熟的时间却很早。果实成熟时的汁液会沾染双手；未熟时却能去除那种污渍。农业技艺对于

这种树的影响最少——不仅是在名称（亦即品种）上，借由嫁接或是任何其他模式，只改变了果实的大小”，现在看来仍是如此。



在七月初，早发的蓝莓、树莓和顶针莓全都开始一起成熟。

黑色顶针莓从六月二十八日开始成熟，一直持续到七月底，约于七月十五日达到高峰。六月十九日，我已发现未熟的青色果实。它们沿着墙边生长，割草机每走到尽头，就会把它的果实割掉；它们有的也会长在萌芽林地里。

这是一种真诚而朴实的莓果，没有太多风味，却强健而坚实。我年少时喜欢漫步墙边，跟鸟儿竞采那些黑色或正在变黑的大颗莓果，再用草茎串起来带回家，如果你手边没有盘子，这就是最方便的方法。

它们通常在七月中旬开始干枯。我有一次见到大而熟透的第二批莓果，其中夹杂一些未熟的，当时已迟至十月八日，那之前六周雨量颇丰。

高丛蓝莓的沼泽风味

约于十天后，接着而来的是高丛蓝莓，又称为沼泽蓝莓、伞房黑苔莓。我们有两个常见品种：果实蓝色和黑色的。后者较为罕见，果实小而黑，无果霜，味道较酸，而且较前者早熟一两天，跟顶针莓同时或更早，自七月一日开始成熟，而两者的成熟期都持续到九月。我在五月三十日前注意到未熟莓果，而于七月一日到五日间，开始看到一些成熟的。它们的果熟高峰期是从八月一日到五日。



据说，高丛蓝莓最北可见于纽芬兰和魁北克。它们长在沼泽——要是沼泽很深，就长在沼泽边缘——也长在湖泊边缘，你偶尔甚至会在山坡碰见一株。这种植物极为亲水，因此，虽能长在陡峭而坚硬的湖岸，像是瓦尔登湖和鹅湖，但仅限于湖的沿岸，而且只有在水位高的季节才会结出比较多的果实。一旦在洼地看到这些灌木——就像看到风箱树和某些植物——你就知道自己来到水位线了。假使树林里的地面被水淹至一定深度，而有积水或相当的水分，那么泥炭藓和其他水生植物就会冒出；如果人类不加干涉，那么一片浓密的高丛蓝莓丛往往就会在边缘冒

出，弯垂在水上，或许还会长遍该处积水，无论那是宽仅一竿的水洼，或是数百英亩大的沼泽。

这是本地沼泽最普遍的粗壮灌木，每当我去测地划界或走在灌木林中，都不得不砍掉一些。只要看到前方出现那种茂密而弯曲的树顶，我就晓得等一下脚就会弄湿了。它的花朵有种宜人、甜美、近似莓果的香气，摘下一把来吃，尝来稍带酸味，有些人会喜欢。果实有种特别清爽而微酸的风味，不过植物学家珀许谈到他的高丛蓝莓（可能为别的品种）却说："莓果黑色，淡而无味。"在位于比利时昂吉安的阿伦贝格公爵花园里，高丛蓝莓据说被"种在泥炭边缘来结果，其用途同于蔓越莓"——他们竟这么晚才发现它的好处！曾有少数几次，我找到一些带着独特苦味的高丛蓝莓，那味道使其几乎不宜食用。高丛蓝莓有不同的大小、颜色和风味，但我偏好大而偏酸、带果霜的蓝色种。对我来说，这些莓果体现了沼泽的精华和风味。

当蓝莓果实长得又密又大时，沉甸甸的果实会将枝条都压弯，很少有别的果实呈现这么美的景致。

有些蓝莓果实稀疏结在新枝上，直径有半英寸多，几乎跟蔓越莓一样大。之前我爬上某棵蓝莓枝头，采了多少夸脱的莓果，我都不敢说了。

吸引大多数人进入沼泽的并非只有这些。每年我们都不顾山茱萸和山桑子阻碍，前往这些圣地朝圣。别克史托沼泽、高英沼泽、戴蒙湿地和查尔斯·迈尔斯沼泽和其他许多沼泽，是大家都听过的，另外还有许多沼泽隐藏在树木之中，只有少数人知道。

记得在几年前，我穿越大原野东边的一座浓密橡树林，接着走下一处狭长而蜿蜒、我原先不知它的存在的蓝莓沼泽。这片幽深而僻静的湿地，低陷于森林里，长满摇曳的三英尺绿色高莎草、矮踯躅和绣线菊，大部分地方不会弄湿双脚，不过底下的淤泥却是深不可测，仅在仲夏或仲冬才可通行，而我也未发现任何人兽的足迹。在这片湿地上空，有只泽鹰自在盘旋，它的巢穴可能就在里头，因为能够飞越树林的它早已发现此处。这里缀满一座座蓝莓丛，并被茂密的蓝莓树篱围绕，其间夹杂南烛、高丛的野樱莓，还有长着绯红色美丽果子的野冬青等，这些都是较高树林的前锋部队。大得像是老式子弹的硕大蓝莓，跟绯红的冬青果子和黑色的野樱莓交错出现或紧密交杂，形成独特的对比，却又显得和谐，你几乎不晓得自己为何只摘了一些来吃，却将其余留给鸟类。

我从这片湿地循着一条不到一英尺宽的小径南进，沿途屈身前行，背包不时擦落莓果，最终来到另一片更大的沼泽或湿地，此处与上述沼泽类似，因为两者是一对的。

这些地方被蔓丛围住，你只有在岁终年末才会在附近偶然碰见，惊讶地站在一片蓝莓保留地的边缘，而那里的僻静和新奇，仿佛离你平常走过的地方有上千英里远，就像波斯之于康科德那样。

胆小而怯步的人自限于水边，他得到较少莓果，却受到更多刮伤；但敢冒险的人走进树冠悬垂的开阔沼泽，涉过小石楠和泥炭藓，震动一竿方圆的水面，打翻、弄破许多瓶子草，让瓶子草里的积水湿了双脚，因而得以接近那些未受人干扰的低垂果实。从蓝莓沼泽边上看过去，各种野生莓果混杂一气，没有比这更野性、更丰饶的景象了。

还有查尔斯·迈尔斯沼泽，你在那里可以得到的不仅有蓝莓的价值，那处沼泽被云杉环绕、尽收其美，不过高高挂在你头顶上的沁凉蓝莓，它的天然风味和美丽却毫不逊色。记得几年前我曾在那片沼泽被“改善”之前，到那里去采蓝莓，当时我听到沼泽深处那间看不到的房子，传来迈尔斯先生低音提琴的颤动琴音，他是一位知名的领奏员，负责在安息日协助唱诗班达到整齐和谐。那些琴音的某种回响“触及我颤动的双耳”，让我想起那些时光。何谓真正的名声，因为我正立足之处似乎不属“凡间尘土”。

因此，在任何一个夏季里，当你花了整个上午在房里阅读或写作，到了下午，走进某处僻静而无人踏足的繁茂沼泽，并在那里发现又大又美的蓝莓等候着你，而且取之不竭，这才是你真正的花园。或许（就像在马修·迈尔斯的沼泽那样）你努力穿越重重灌丛，包括高过你头顶的野樱莓，其下层叶多已变红，并跟着年轻桦树一起变稀；以及树莓，和南烛、矮踯躅，还有大片大片的常绿沼泽黑莓——然后一次次走到凉爽的开阔处，看到高大、深绿的高丛蓝莓在那里形成一两座群丛，上头点缀着硕大、沁凉的莓果。或者它们远远高过你的头顶，位于沼泽的遮阴里，因而长保新鲜和清凉，这些装满沼泽蜜汁和诸神美馔的蓝色小包，被你用牙齿加压就爆开。这让我想到，杰勒德提到鸟嘴莓“在低地德语里，被称作Cratybesien，因其在被牙齿咬破时会发出某种爆裂声”。

有些大型沼泽几乎长满大型的蓝莓灌丛，它们的树顶展开，彼此紧密交错，遮蔽无数条隔开根部的曲折窄径，形成一座毫无线索的完美迷宫，而你得靠太阳指引。那些小径只方便兔子出入，你的前进很艰辛，

得弯下身子，跨过一丛丛青草，避开积水，或许偶尔还得让同伴的铁皮桶声响来领路。

灰色的蓝莓灌丛，有如橡树般庄严可敬——为何其果实无毒？在我摘过的越橘属果实里，蓝莓最具野性风味。你就像食用了某种有毒莓果，但未受其毒害。我从中得到的乐趣，好比吃下海芋果实和麝鼠根而无恙，仿佛我是莓果界的米特里达梯大帝一般。

有时候，八月初的丰沛降雨将会使得那些细小的未熟莓果——这时通常只有少数会成熟——每颗全都膨胀而成熟，这般的丰收实现了它们在春天里给人的期望，即便你在两周前才在那些沼泽里对它们感到失望，而且没有人能相信你所看到的景象。

在这里，蓝莓挂在树上数周不变，半打半打的莓果彼此簇拥，分成蓝色、黑色和各种蓝黑色。然而，我们对其风味的赏识往往阻碍我们注意到它们的美丽，不过我们却会欣赏一旁冬青果实的颜色。要是蓝莓有毒，我们必会更常听闻其美丽。

高丛蓝莓继续留到九月。某年九月十五日，瓦尔登湖湖水高涨，我发现极为新鲜的高丛蓝莓悬于湖的南边，数量很多，其中许多还未熟，不过沼泽里的那些都已干瘪。通常，它们会在八月中旬过后开始枯萎，即便还是长得很茂密，但已失去独特风味，原本那种狂野、充满活力的口感，变得寡淡而无味。



我偶尔看见某种两三英尺高的变种，果实大而椭圆、色黑、少或无果霜，叶片窄，花萼明显，看来介于高丛蓝莓和矮丛蓝莓之间。

这一带许多沼泽皆因蓝莓而被认为颇有价值，从而被变更成私产，我曾听闻仲裁人以蓝莓丛被烧为由裁准赔偿金。我认为，在这些莓果做成的菜肴里，最独特的就是“蓝莓圈”，“这是一种以特殊派皮围着蓝莓的甜点，同样做法亦可用于黑莓”。

当叶子落尽，蓝莓就会变得瘦弱、灰暗而死寂，那些最年长的植株看起来颇为古老；的确，它们要比你猜想的还老得多；因为它们长在沼泽或湖泊边缘，还有沼泽里的小岛，所以往往躲过和树林一起被砍的命运，因此会比整座树林还老。有很多蓝莓长在鹅湖边上，围着整座湖形成宽仅三四英尺的带状，介于陡峭山坡和湖面之间，因而躲过被砍伐的命运。这就是蓝莓在那里的全部领域，没有一棵会长在这道线的以上或以下。这些树就像这座湖的睫毛。它们全都显得苍老，呈现灰色而长满地衣，通常长得歪斜、曲折，并与邻树纠结，因此当你砍下一株，也很难将其从树丛拉出。

冬季里，当你能站在冰上时，这正是检视它们的好时机。它们几乎垂到冰上，是被好几年的冬雪压得弯下，但强健的幼芽却在周围垂直窜升，就像挺立的青年站在伛偻的父辈身旁，注定要来延续家族。它们那种扁平、鳞状的灰色树皮，裂成一片片长条、细致而紧紧粘附的鳞片，而内层树皮则为暗红色。

我发现这些蓝莓有许多都已达到人寿之半。其中一株在根端的周长有八英寸半，我在上头准确数到四十二圈年轮。我从另外一株砍下一根又直又圆的木头，长为四英尺，细端的周长为六英寸半，木质厚实，纹理细密，没人能告诉我那是什么。

然而，我所见过最大、最美的蓝莓，长在弗林特湖中被我称作檫树岛的地方。事实上，那是一棵小灌木形成的一座树丛，约为十英尺高，树冠宽十余英尺，而且完好而强健。它在离地六英寸处，分作五个枝干，各自在离地三英尺处的周长为十一英寸、十一英寸半、十一英寸、八英寸和六英寸半，平均为九英寸半；在接近地面处则会合成一根结实的树干，周长为三十一英寸，直径为十英寸多。然而，或许那些枝干是在那里一起成长的——的确，它们看来就像发自同一颗莓果中的不同种子。树枝以常见的曲折状和半螺旋状往上生长，略微向外开展，有时就

搭在邻枝的杈口上，开裂的细致红色树皮间有时披着可观的大片黄色或灰色地衣（主要种类为硫黄地衣和岩石地衣），它们也在树皮周围扩展开来，而树皮在接近地面的地方颜色偏红。树顶展开，稍平或略呈伞状，包含无数细枝，即便是在冬天，衬着天空看来仍是茂密而阴暗，异于底下较为开阔的部分。这些布满细枝的树顶，嘲鸫常来筑巢，而黑蛇也爱栖身，无论它们是否有在那里发现幼鸟。从那些被我数过年轮的来判断，这些枝干里最大的一定有五十岁左右。

我爬上这棵树，并以双脚找到一处离地四英尺的舒适位置，那里还能再坐三四个人，只可惜这时不是产莓季节。

这处蓝莓灌丛必定广为披肩榛鸡所知。它们无疑能从远处认出那独特的树顶，并像子弹般冲飞过去。事实上，我曾在雪地上看到榛鸡的足迹，它们甫于前次雪融，在那里取食树上大大的红色嫩芽。



这些蓝莓灌丛之所以没被砍掉，是因为长在那座颇难接近的小岛；岛上几乎无忍冬这种植物，因此它们都已长到完整大小。或许在白人前来砍伐树林之前还能看到更大的。那些蓝莓往往要比许多果园里所有的人工栽培果树还老，而且可能早在笔者出生以前就结果了。

阳光下的矮丛蓝莓

约略同时，晚熟的蓝莓或称之为第二种蓝莓，亦即矮丛蓝莓（晚熟美国黑苔莓）开始成熟——这种饱满的莓果常与越橘一起出现，树身大小也跟越橘类似。这种挺立、纤细的灌木，分叉成一些长长的棍状分枝，带有绿色树皮、深红色新枝和蓝绿色叶子。其花朵有种精美的玫瑰色。它们长在开阔的山坡或草地，也长在萌芽林地，或是稀疏的树林中，树高在一英尺半到两英尺之间。

这种长着蓝绿色叶子的灌木，会在越橘之前成熟，而且甜过越橘（即便没有甜过我们任何石楠的果实）。这种矮丛蓝莓和高丛蓝莓，都比其他鸟嘴莓开的花更繁密，因此这两者所结的莓果不像越橘那样分散，而是形成紧密的果串，看起有点像总状花序，因此你能一次扯上一把大小和品质不等的莓果。你最早可以发现结了成熟莓果的地方，不是山丘的顶部，也不是低坡，而是陡坡，或是在莓果接受最多阳光和温暖的东南侧或南侧山坡。

许多较晚才开始观察和探索野外的人，所知的矮丛蓝莓只有这种。还有一种较早熟的矮丛蓝莓，为了方便或许可以称之为蓝果种（我们认为这时该种有点过季，而且不再结果），这种蓝莓因其淡蓝色果霜而带有山岳和春天般的气息——确实极为漂亮、纯粹而芬芳，但我们也得坦言，其果肉松软、偏少而无味。然而，晚熟的矮丛蓝莓比较像是扎实的食物，又硬又像面包，却也较有土味。

在某些年里，它们长得尤为硕大而丰盛。到了八月二十日，它们开始略显枯萎，不过还是很好，此时越橘已开始变得良莠不齐。到了九月一日，它们就会有点皱缩，如果适逢多雨则会损坏；否则就会变得半干，有很多硬得像是在平底锅上烘干的；不过，它们还是很甜、很好吃，不像越橘那样容易生虫。这是一项好建议，你可以相信那些蓝莓仍然可食而去采来吃。每逢干旱，这种蓝莓往往在本州岛极为盛产。我有时迟至九月中旬还能采到颇为完好的，那时整个植株的其余部分都已转为深红，那是矮丛蓝莓的秋季色调。这些香气尚浓、依然留存的蓝莓果实，与其色彩鲜明的叶子，形成奇妙的对比。

第二章
野草与禾草

编注：这篇简短选文包含的材料，几乎可以肯定梭罗打算在修改后用于《种子的传播》中关于灌木、野草和禾草的一节。本文的第一部分只是梭罗的阅读摘录。末段读来，感觉梭罗似乎打算将之用于禾草一节接近结尾处，但他并未表明其意图。他将达尔文论及康多尔说法的句子用于《种子的传播》。这个片段之所以令人关注，是因为其内容让人瞥见，梭罗如何将原始材料化为文学艺术。

皮克林在其关于种族的著作中谈道，“我发现两种野草大量长在奇努克村落周围：扁蓄和藜，而布雷肯里奇先生则在格雷港的偏僻地区遇见第三种：大车前草”。



近来传入美国西北部的植物：臭春黄菊、苋和荠传入柯尔维尔堡；滇苦菜传入尼斯阔利堡；风铃草和春蓼传入俄勒冈州；此外还有光叶粟米草。

由库克和佛斯特于纽新兰发现的植物有滇苦菜（经由原住民引进——成为最早在新的国家扩展势力的野草之一）、刺果瓜和旋花。

由欧洲引进的有夏威夷群岛的Skyos angulatus、秘鲁和巴塔哥尼亚高原等地的马齿苋和滇苦菜。

从埃及来的外来植物：某种蓼（Polygonum circularia）、藜、异株荨麻、欧荨麻、宝盖草、某种无心菜（Arenaria sulra）、繁缕和春蓼。

*

达尔文在《物种起源》里谈道：“葛雷博士的最新版《美国北部植物手册》列出两百六十种归化植物，分属一百六十二个属。由此可见，这些归化植物极为多样。此外，它们大大不同于本地植物，因为在上述的一百六十二个属当中，有一百个以上本地没有。”

该书也提到，“康多尔曾说，带翅的种子不曾见于不会开启的果实”。

达尔文在其《小猎犬号航海记》谈到地中海蓟，这种植物来自欧洲，而今在阿根廷的布宜诺斯艾利斯已极为常见——并传遍整个美洲大陆。他说，仅在东岸区就有“无数（可能为数百）平方英里长满这些带刺的植物，人类和动物无法穿越。在起伏的平原上，这些植物大片大片地出现，没有别的植物可以存活……我怀疑记录上是否曾有哪种植物如此大规模侵害原生植物”。

达尔文指出，蒙得维的亚周围区域和其他某些地方的一项差别，就在于牛群在此施肥和吃草，他还在提到亚特瓦特时曾说，相同情况亦见于北美草原，“在那里，五六英尺高的粗草被牛群吃掉，形成普通的草地”。

卡本特在其《植物生理学》谈道：

> 值得注意的是，那些以种子供养人类的草本植物，就像家畜般跟着人类。原因在于，如果没有充足的磷酸镁和磷酸铵，各种谷类植物不能结出足以出产大量面粉的种子。因此，这些植物生长的土壤，一定要有这些成分，以及先前提过的硅和钾；而最富含这些成分的土壤莫过于人类和动物一同居住的地方；因为这些物质大量存在于动物体内，在它们活着和死后，分别借由排泄和分解来释出。



我在牛粪里看到乌鸦和鸽子会吃的谷粒，那些谷粒可能保有生命力，而能协助传播我们的食物。

若还有人质疑我所指出的种子，数量是否多得足以解释每年在路边和其他地方冒出的大批野草，那就请他想想，光是少许种子就能传播到多远，或者，想想它们是多么微小——先不提本镇有多少田野，光是镇上花园里的植物，每年就有多少只是来自某位震荡教徒留在店家的两三盒园艺种子，而且盒中的种子还剩下不止一半，噢，你几乎能将那些种子，全都放进外套口袋里。某些种子，你又很难只取得足够的分量。试想，若以合算的方式栽种，一及耳的芜菁种子能播撒多大面积？

第三章
森林树木

编注：梭罗无疑是在观察森林演替后，决心开始研究这项主题，借以查证先前其他作者的说法。他进行此项研究的确切时间并不清楚，不过从纸张种类可见，他是在一八六〇年秋初或之后写下这些段落。现存两份稿件，不过，梭罗并未在其中表明要将这些材料用于《种子的传播》的何处——甚至亦未指出是否用于其中。本篇选文包含背景研究的结果，显示梭罗处理植物演替的用心和透彻。

关于森林树木演替这项主题，所有我读过的重要研究，出现在一八〇八年的某几期《费城农业促进协会会报》，以及皮克顿的道森刊于一八四七年四月号的《爱丁堡新哲学期刊》的一篇文章。

第一份期刊中，关于这项主题的四位专家作者为：彼得斯（显然是首位论及该主题的人）、米斯、阿德勒姆和柯德威尔。他们提到赫恩的《北方海洋之旅》，该书指出，最北到丘吉尔河——包括沿海和内陆，“在土地——严格来说，应为林下灌丛和苔藓——被焚烧后，（除了草莓，还有）树莓灌丛和野蔷薇就在它们未曾出现的地方大量蹿起”。我发现，赫恩认为除了阳光得以进入，土壤也被高温弄松，所以原已扎根的植物才能蹿起。

他们引述卡特莱特的《拉布拉多事务日志》：“如果因为人们在林中生火的疏失，或者发生雷击，使得云杉老林被焚毁，那么最先长出的通常是印度茶，接着是茶藨子，再则是桦树。”

在《费城农业促进协会会报》里，彼得斯于一八〇八年为文证实赫恩关于草莓的说法，确认草莓会在一大片松林被焚后冒出。

在同期的会报里，马里兰的阿德勒姆写道，在他那年代，在宾夕法尼亚州与纽约州接壤的那一侧发生风倒后，就会冒出“白蜡树和野樱桃树”。

这些人相信“森林树木会轮替或演替”。

米斯指出，“在苏格兰一片荒芜贫瘠的石南灌丛及苔藓地，并无种子播撒其上，只因在地表撒了石灰，就长出白三叶草”。

阿德勒姆也让彼得斯想起，在来可明郡的某座森林里，“那些早已被风吹倒或因年老而倾倒的老朽林木，跟现存林木的树种完全不同”。

彼得斯使用“厌松”一词，来形容松树未能接替松树土地的状况。

柯德威尔写信给彼得斯谈到，在树林被砍伐后，野火草就会冒出，在那之后，“在第二或第三个夏天，总会长出一批白三叶草，即便之前方圆数里内没有任何一株白三叶草”。柯德威尔也提到达克斯伯里郡的松树，他相信“这些植物是全新而自发的产物”，非由人类或动物引进。

然而，在我找到的文章里，最合理的是道森《论英属北美森林的破坏与部分再生》一文。他说：“一般而言，落叶树或硬木树普遍长在丘陵间的低地，以及肥沃的山地、板岩和玄武岩山丘的侧面和峰顶；而沼泽地、较不肥沃而最轻质的山地土壤，以及花岗石山丘，主要是被针叶树占据。”

他引述新斯科细亚省的史密斯所说：

> 如果森林中间被砍掉一两英亩，然后置之不理，那里很快就会长出一片类似被砍林木的树林；然而，当大片土地上的所有林木都被大火扼杀，只有某些沼泽地躲过，那么就会长出非常不同的草木；首先冒出的是大量草本植物和灌木——这两者都不会长在活树林覆盖的土地上。这片草皮布满已被大火扼杀的森林树木和植物的腐烂须根，成为某种温床，而休眠数世纪的种子就在松软的土壤里发芽茁壮。在最贫瘠的部分，蓝莓几乎到处出现；大片大片的树莓和野火草，或是柳叶兰沿着山毛榉和铁杉树林边缘冒出，而大量结着红莓的接骨木和野生红樱桃树很快就接着出现。然而，在几年之内，树莓和大多数草类全都消失，继之而起的是一群冷杉、白桦和黄桦，以及杨树。在一连串大火发生后，小型灌木便占据那些瘠地，数量最多的就是山月桂（或称毒羊树），它们在十到十二年的时间里长成这么一大片，而让赤杨幼树的灌丛开始冒出。在其庇护之下，冷杉、云杉、落叶松和白桦也冒了出来。当地面被一座二十英尺高的灌丛完全遮蔽，原本占据该地的树种又开始占优势，并扼

杀先前提供庇护的树林；在六十年内，这片土地将会被其从前产出的树种重新覆盖。



道森认为以上叙述属实，并加以详述。

他说，首先长出延龄草和蕨类，这两者的根部可在大火里幸存。接着，是各种柳叶菜、一枝黄花、紫菀、蕨、石松和苔藓，这些植物的种子飘在空气中。然后是鸟类掉下的小果实。

“米拉米契地区的松林毁于上述大火（一八二五年），接着长出一片次生林，主要系由白桦、杨树和野樱桃组成。”

“次生林几乎总会包含许多类似先前树种的树木，当较矮的树长到成熟高度，次生林木和其他能长得更高的树便超越它们，最终并导致矮树死亡。这座森林至此达到最终阶段，亦即完全再生。整个过程最后部分的肇因显然就是，在一座老森林里，最大型而最长寿的树种更占优势，乃至于排斥其他树种。”然而，据他观察，人类对此再生过程多有干预。

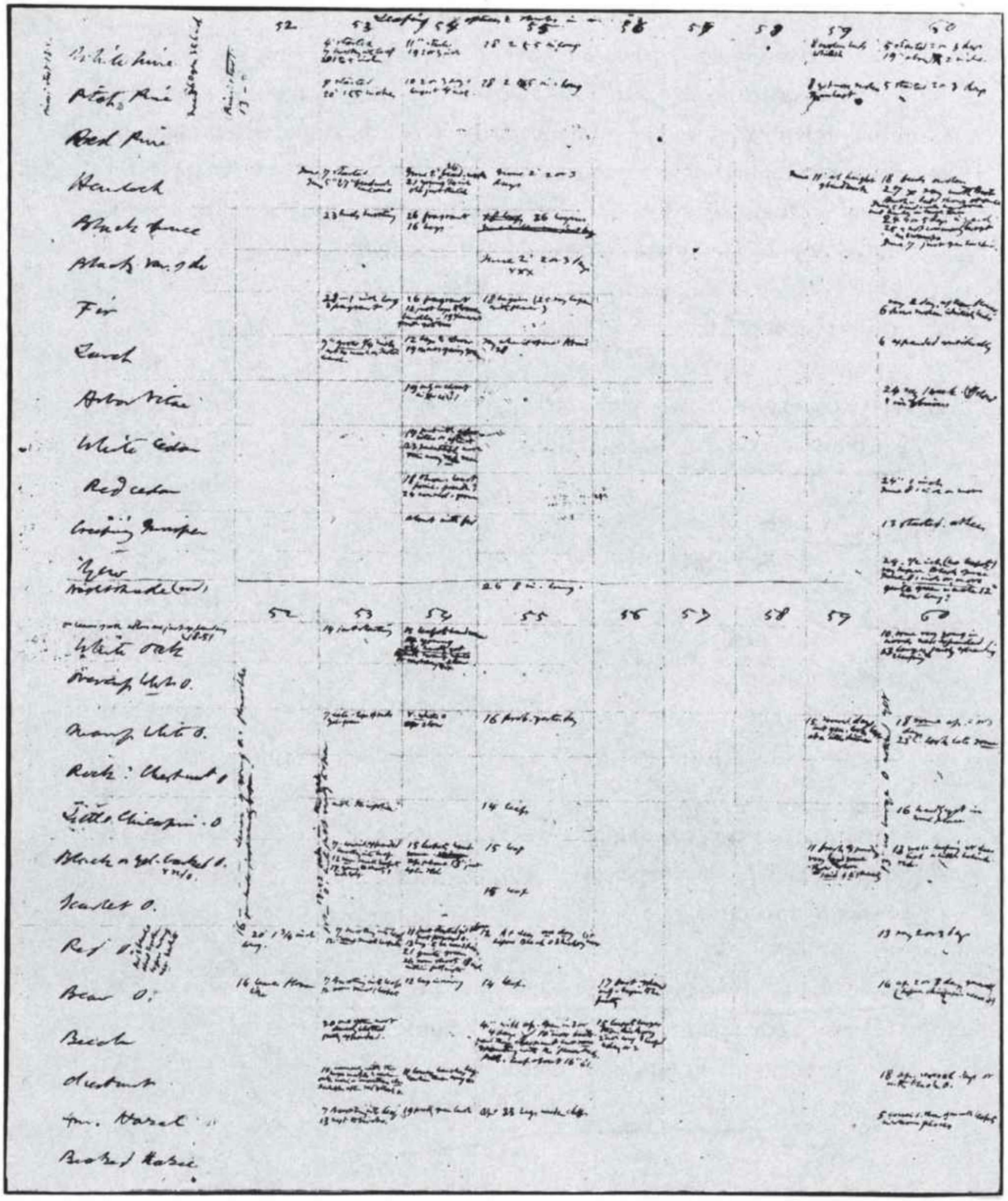
梭罗手稿

The Dispersion of Seeds.

Pliny, whose work embodies the natural science of his time, tells us that some trees bear no seed. "The only ones," says he "among the trees that bear nothing whatever, not so much as any seed even, are the tamarisk, which is used only for making brooms, the poplar, the Atinian elm, and the alaternus;" and he adds that "these trees are regarded as sinister (or unhappy infelices) and are considered inauspicious."

As there is even yet a lingering doubt in many minds with regard to some trees whether they bear flowers and seeds or not, it is the more important to show not only that they do, but for what purpose

梭罗《种子的传播》篇章页手稿
纽约公共图书馆收藏



梭罗亲手绘制“灌木与乔木 抽叶时间表”
摩根图书馆收藏

梭罗生平与创作年表

1817 年7月12日生于马萨诸塞州的康科德镇，父为约翰·梭罗；母为辛西娅·梭罗。

1828—1833年 康科德专校。

1833—1837年 哈佛大学。

1837年 在公立康科德中央中学担任教员。

1838—1841年 与哥哥约翰共同管理康科德的一所私立学校。

1839年 与哥哥划船共游康科德与梅里马克河。

1840年 诗与散文发表于《日晷》。

1841—1843年 住到埃默森位于康科德的家中。

1842年 哥哥约翰突然死于破伤风。出版《马萨诸塞州自然史》。

1843年 出版《步向瓦修赛特》与《冬日的散步》；于纽约州的史塔腾担任埃默森子女的家教。

1844年 与爱德华·霍尔在康科德不慎引起森林火灾。

1845—1847年 居住在瓦尔登湖畔的小木屋里。

1846年 到缅因州森林旅行；因拒绝付人头税，入狱一夜。

1847—1848年 在埃默森赴英讲学时期，住在埃默森家。

1848年 开始专业演讲者的生涯；出版《克特登与缅因森林》。

1849年 出版《在康科德和梅里马克河上的一周时光》，发表《论公民的抗争》；到鳕角旅行；姐姐海伦死于结核病。

1850年 到鳕角与加拿大魁北克旅行。

1853年 到缅因森林旅行；发表部分的《加拿大的美国北方佬》。

1854年 出版《瓦尔登湖》；发表《马萨诸塞州的奴隶制度》。

1855年 发表部分《鳕角》；到鳕角旅行。

1856年 赴新泽西州珀恩安博尹附近的伊戈伍德小区调查。

5—6月：在日记中讨论森林树木的演替。

11月：与《纽约论坛周报》编辑格里利（Horace Greeley）讨论植物的自然发生。

1857年 到鳕角与缅因州森林旅行；发表《奇松库克》。

1858年 到新罕布什尔州的白山旅行。

1859年 父亲约翰过世；发表《为约翰·布朗上校请愿》。

1860年

1月1日：与友人讨论达尔文的《物种起源》。

2月：研读并摘录《物种起源》。

9月20日：在米铎萨克司农学会以《森林树木的演替》为题演讲。

10月8日：在《纽约论坛周报》发表《森林树木的演替》。

10月至11月：几乎每日走访当地林区；撰写许多札记形式的短文，后来成为结集《种子的传播》的材料；铺陈延伸《森林树木的

演替》一文，并收入《种子的传播》中。

12月：开始撰写《野果》。

12月3日：研究树木生长时，罹患了重感冒，恶化为支气管炎，无法起身外出。

12月11日：最后一次演讲“秋季色调”（在康涅狄格州的瓦特博里）。

12月30日：回格里利12月13日的信，谈论植物的自然发生。

1861年

1月至2月：继续撰写《野果》。

2月2日：在《纽约论坛周报》上刊登12月30日写给格里利的信，否决植物自然发生的可能性。

3月至5月初：撰写《种子的传播》。

5月12日到7月14日：为恢复身体健康，与曼恩同游明尼苏达州。

1862年 整理早年的讲稿与文章以便出版，似乎对死期已有预感。

5月6日：逝于马萨诸塞州康科德镇。

聆听波澜壮阔的自然史诗，亲眼见证意识外围的生命奇迹

出生，生根，成长，成熟，死亡

这是一棵树的故事，
也是地球上所有生命的故事

联合国教科文组织
卡林加奖得主铃木大卫

畅销十五年经典作品

一棵花旗松的生命之旅

[加] 铃木大卫 [加] 韦恩·格雷迪 著
林茂昌 黎湛平 译



Tree

A Life Story

David Suzuki Wayne Grady

七百年的漫长岁月，它不断成长，也面临考验；
它会帮助他人，也会保护自己。

湖南文艺出版社 博集天卷

版权信息

书名：一棵花旗松的生命之旅

作者：【加】铃木大卫 【加】韦恩·格雷迪

译者：林茂昌 黎湛平

出版社：湖南文艺出版社

出版时间：2019-09-01

ISBN：9787540492267

本书由天津博集新媒科技有限公司授权亚马逊发行

版权所有 侵权必究

目录
CONTENTS

致谢
楔子 树，拥抱了全世界
第一章 出生
第二章 生根
第三章 成长
第四章 成熟
第五章 死亡
重要名词对照表

谨以本书献给埃伦·亚当斯（Ellen Adams），

最初认识时，她还是不列颠哥伦比亚大学

动物学的研究生。

她聪明、活泼，兴趣远远超出了动物学的领域。

她太年轻就辞世了。

她慷慨支持了铃木大卫基金会的工作，

并协助本书付梓。

——铃木大卫

致谢

一本书就如同森林里的一棵树，与周围大量的同类相联结，因而得以生存。我们要感谢许多研究花旗松的生物学家及研究人员，把这种植物神奇的特性公之于世。我们也要感谢灰石书社（Greystone Books）的罗布·桑德斯，热心而不懈地催促我们完成本书手稿。

南希·弗莱特以惯有的敏锐感为我们阅读初稿，并提供了优秀的指导；内奥米·保尔斯的文字编辑技巧让我们免于窘态毕露，我们要向他们致上深深的谢意。我们还要感谢亚历克斯·加布里埃尔，他为本书搜集了研究资料，表现可圈可点。我们很荣幸能够请到罗伯特·贝特曼为本书创作精彩的绘画作品。

还有很多朋友在本书的制作过程中提供了各种协助，这些朋友包括：卡伦·兰德曼、克里斯·波洛克、拉里·斯坎伦、真尼·冈恩、弗兰克·胡克、埃洛伊斯·亚克斯利及费萨尔·慕拉。

楔子

树，拥抱了全世界

本书是一棵树——花旗松的传记，但任何一棵树——澳大利亚的桉树、印度的榕树、英国的栎树、非洲的猴面包树、来自亚马孙的桃花心木，或是黎巴嫩的雪松——都可以作为本书的主角。所有的树，都证明了演化的奥妙，以及生命适应意外挑战，让自己在一大段时间里永续长存的能力。

树安稳地根植在地上，向天空伸展。在这个星球上的每个角落，树以非常丰富的形式和功能，真正地拥抱了全世界。它们的叶子吸收太阳能，成为所有陆地动物的福利，并把汹涌的流水转化成大气中的水蒸气。它们的枝与干为哺乳动物、鸟类、两栖动物、昆虫及其他植物提供庇护所、食物和栖息地。它们的根则定植于岩石和土壤的神秘地底世界。树是地球上活得最长的生物，它们的生命长度，远超过我们的存在、经验和记忆。树是卓越的生命。然而它们矗立着，宛如生命舞台上的多余角色，永远是周遭不断变化之活动的背景，如此熟悉而又如此无所不在，以至于我们很少去注意它们。

我出于自愿，经过修习而成为一名动物学者。我这一生中，动物一直是我所关心和热爱的对象。我最先认识的动物就是我的父母、兄弟姊妹和玩伴，然后才是我的狗史波特。我的父母是非常喜欢种花的人，但植物从未让我感到兴奋；它们既不可爱，又不会动，也不会叫几声。钓鱼是我儿时的嗜好，蝾螈和青蛙是到水沟及沼泽探险时所抓到的奖品，而种类繁多的昆虫，特别是甲虫，一直让我迷恋不已。难怪我长大后的职业是遗传学者，研究黑腹果蝇这种昆虫。

那么，为什么一个喜爱动物的人会写一本关于树的书？自从蕾切尔·卡森的经典之作《寂静的春天》让全世界把焦点放在环境的重要性上之后，大家已经对破坏世界森林的行为及缺乏永续性的工业化林业实践多有谴责。和许多行动主义者一样，我参与过保护南美洲、北美洲、亚洲和澳大利亚原始森林的活动，但我所关心的，主要是这种森林为其他

生物所提供的栖息地、森林中生物多样性的丧失，以及它们在全球变暖中所发挥的作用。最后，是我岛上小屋附近的一棵树感动了我，让我了解到一棵树是如此神奇。

我的小屋前有一条小径蜿蜒至海边，在土壤结束、沙滩开始之处，坡度很陡。就在此处，土壤边缘，矗立着一株宏伟的花旗松，高达五十多米，周长大约有五米。它也许有四百岁，这表示其生命开始之时，大约就是莎士比亚开始写《李尔王》的时候。这棵树很特别，因为它从沙滩上方的堤边水平伸出，然后以三十度角弯转而上，最后转为垂直向上。树干水平的那一段是坐着或开始攀爬的好地方，我们在树干的上升段挂了一些绳子，吊着秋千和吊床。

那棵树忍受我们的活动，提供阴凉，喂养松鼠和花栗鼠，并让老鹰及乌鸦栖息，但它总是徘徊在我们的意识外围。有一天，我懒洋洋地看着这棵树畸形的树干，竟猛然意识到，几百年前，在这棵树才开始生长的时候——哦，大约是牛顿在英国观察到苹果从树上掉下来的时候——它最初生长发芽的土地，应该曾经往海边滑动过，造成这棵树以歪斜的角度从沙滩上伸出。年轻的茎必须改变生长形态，才能继续向上爬升、接受光线。多年后，应该又有一次土地滑动，造成树干进一步往下掉，以至于水平，而还要再经历向上弯曲生长，才能变得垂直。那棵树是无言的历史证据。

任何一棵树的生命历程都充满了风险。树不会动，却必须尽其所能，把花粉抛离自己的土地，愈远愈好，然后再把种子散播到自己的势力范围内。树已经演化出许多神奇的机制来完成这项任务，从利用动物作为传播媒介，到将螺旋桨、降落伞和弹弓安装在种子坚硬的外壳上。任何人只要见过常绿林上端的花粉雾、棉白杨的柔荑花序在安静溪畔所形成的薄纱云，或是栎树在结实的丰年里成堆的栎实，就会知道，树为了确保非常少数的幸存者，竟是如此放肆浪费。一粒种子，不论落于何处，其命运已定，对大多数的种子而言，这表示它只能躺着，暴露于昆虫、鸟类或哺乳类动物的掠食下，在石头上枯死，或在水中淹死。即使种子落在土壤上，未来也未必高枕无忧。那一丁点的原生质，包含了所有来自亲代的遗传，储存着其首次发芽所需的养分，还有一套基因蓝图，通知这株生长中的植物要向下扎根、向上长茎，还告诉它如何抓住能量、水及生命所需的物质。它的生命已经被设计好了。然而，它还必须有足够的灵活性，以应付意想不到的暴风雨、旱灾、火灾和掠食者。

一旦种子的第一条根穿进土壤，这颗种子就和地球上的这个地点结

下了不解之缘，它未来数个世纪将在此地取得生存和生长所需的所有物质。它必须从空气和土壤中得到所有必要的元素以制成分子，形成结构，使树能直立，离地数十甚至数百米，并重达数十吨，抵抗火、风的破坏力。人类的巧思和科技，永远都无法和每棵树与生俱来的力量和韧性匹敌。只要有阳光、二氧化碳、水、氮和一些微量元素，一棵树就能制造出一整套复杂分子，而这些分子就是树身结构和新陈代谢的建构基础。为了完成这项技艺，树聘请真菌来帮忙，真菌将树根和根毛包裹起来，像一层细丝饰品似的，把土壤中的微量元素和水析出，和树交换树叶制造出来的糖分。

树的原生质里包含着能量存储器和其他分子，这些物质是其他生物所无法抗拒的诱惑。对付掠食者，树无法跑掉、躲藏或攻打，但它们也不是无助的受害者。它们的树皮就像一层盔甲，而且会制造各种强效化合物，作为毒药或对付入侵者的驱虫剂。树如果遭到昆虫攻击，就会产生挥发性化合物，它不只驱赶昆虫，还可以警告附近的树有危险，刺激它们合成驱虫剂。树的细胞为真菌提供食宿，这些客人则把所制造的避免细菌感染的物质作为回报。如果疾病或害虫得逞，树也许会把受害区域封起来，牺牲枝干或其他部位，以求其余部分得以生存。在土壤中，树群中的树根也许会相互混杂，几乎融为一体，树与树之间便得以沟通、交换物质并相互协助。没有一棵树是孤岛，树是社区公民，从合作、分享和相互帮忙中获得好处，这和任何生物从参与完整运作的生态系统中所获得的好处是一样的。

一段时间之后，即使是最坚韧的树也会被无情地戳伤、穿透、腐蚀和削弱。树的死亡讯号并不是心跳停止、脑死亡或咽下最后一口气。濒死的树还会断断续续地运作：根企图把养分和水分经由堵塞而残破不堪的管线送回来；光合作用零零星星地进行。最后，树变成了一堆没有生命的枯立木，但依旧支撑着为数庞大的其他生命。当它最终倒下时，腐烂的树身仍旧喂养和支撑着继起生命，达数世纪之久。

纵观历史，我们一直在思考人类和地球上其他生命的关系。过去，许多人认为，我们不只和动物，而且还和所有绿色植物相互依存，有着亲缘关系。他们想象宇宙如何形成，人类何时及为何出现，以及事情的来龙去脉。这些在各个文化中传述的故事，反映了塑造着各民族世界观的观察、想法和推测。

科学代表一种完全不同却很有力量的观察世界的方法。把焦点放在自然中的一小部分，控制所有的干扰因素，并测量和描述某个特定片

段，我们就得到了深入的看法——对那个片段的看法。在此过程中，科学家忽略了那一小部分存在的背景环境，不再去看当初使那个片段变得有趣的韵律、周期和形态。科学观点处在一个变动中的稳定状态，因为新的观察而被不断地深化、改变，甚或弃置。在本书中，我们试着重拾门外汉的好奇心和怀疑心态，并辅以科学家目前所获取的信息。一段时间之后，细节仍将有所改变、有所增添，但万象依旧如往常一样神奇而耀眼。

一棵树的故事，把我们和其他时空及世界各个角落联结起来。本书讲的就是这么一个故事。但这个故事也是被称为地球的这片土地上的所有树以及所有生命的故事。

铃木大卫

二〇〇四年六月



小屋旁的花旗松

第一章
出生

大约这个时候，我们的种子就浸在阳光里，旁边有些掉落的石头和岩屑，阿兹特克帝国则正在建设首都特诺奇蒂特兰城，现在被称为墨西哥城。

树会扭曲时间。

约翰·福尔斯《树》

一道闪电照亮了天空，打在林木丛生的山脊最高点。山顶并未着火，这些树既年轻又强壮，但在低一点的地方，多年来的枯立木和落枝已经累积成一堆干燥的火种。一株枯立木燃烧了数天，还带着余烬的木炭掉到了下面的岩石土壤上。炭火传给周围的落叶层，引发了一场地下火，点燃了火径上的小细枝和球果。火苗向上蹿烧，触及活树底层的枯枝，迅速顺着交错的树枝拾级而上，进入了中段的树脂层，火势在此非常猛烈，以至于耗尽了附近空气中的氧，而温度也远远超过活枝条的燃点。接着，就像突然打开壁炉的空气阀一样，空气对流所激起的风适时带来了新鲜的氧气，就如同某种邪恶魔法一样，似乎全世界的火都同时点着了，烧进了树冠层。开始时只是地下火，现在则成了树冠火，这种火会四处蔓延。

树冠火的行进步骤是派斥候先行，寻找新鲜的资源。起初，主火开始前后摆动，仿佛不知何去何从；接着其火苗触须绞成小火圈、螺旋、旋涡和小龙卷风，它们迅速结合，形成一个大而猛烈的气旋，一个筒状的螺旋烟卷。顶部的空气以一千摄氏度的高温燃烧，它们被吸到底部，拾起燃烧的枝条，有时是整枝木头，并把它们往上带到封住筒状体的排气口，此时就好像一尊大炮，把枝条射到数百米外未着火的森林中。空气中充满了火箭。它们的任务是点燃星星之火，或是围绕着主火，燃起旁边的小火，在返回主火之前先融合起来。

当主火和联合起来的星星之火之间的空间温度变得比木材的燃点还高，而且有风带来新鲜氧气时，突然，毫秒之间，主火和殖民斥候之间就没有分别了。这被称为爆炸。悄悄前进的火突然占据了一百平方千米。它不再线性移动，它现在是四散的野火。整个森林乱成一团，烟火交错，高温烧炙，鸟类等动物在黑暗中惊叫乱窜，巨石松动，狂风怒吼，所有生命似乎都到达了终点。

当这个区域中每一个可以烧的东西都被烧过了之后，当地表的植物被掠夺一空，使有机养分毫无用处时，当水分从河床上蒸发之际，当石头碎裂，大火燃烧所产生的烟尘旋转上升到地球大气层的极限时，火的惊人毁灭力量继续发威，它跟随着新斥候，往地理或风所决定的任何方向，去开发新领土。它走过之后留下的是一片死寂。咝咝声和吼叫声都离开了。动物没了，鸟类、爬行动物、昆虫没了，没有柳树迎风，也没有枝条相互摩擦的声音。除了木炭和灰烬之外没有颜色。看到如此荒凉景象的人，如果认为火是来自“地狱”的灾难，那也情有可原，毕竟与这场爆炸几乎同期的离我们半个地球远的诗人但丁就是这么称呼这片地下区域的。雨来自天堂；火则来自地狱。

这样的人错了。在北美洲的西海岸，也就是这场火发生的地方，经常有这种大火。这种真正的大火，世纪之火，每二百年到三百年就席卷整个北部森林一次；较小的地面火灾则每三十年肆虐两次。成熟的花旗松、锡特卡云杉和巨杉等大树活了一千年以上，于是我们可以认为，即使遭逢最大的火，它们也不会被烧毁。事实上，大树是靠大火来推进并完成它们的生命周期的。

大自然之火既非来自天堂也不是来自地狱。它们是主导动植物生命的自然进程的一部分。火是一种能量，来自核聚变的巨大熔炉，即我们的太阳。太阳能流动到地球上，被叶子抓住，然后转换成稳定的分子，如果发生意外，这些分子会被重新点燃而转化为火。在这个世纪里，火和雨一样，或是和昆虫的嗡嗡声、北美飞鼠和红树田鼠的唧唧声一样，都是森林生命的一部分。

美国黑松、巨杉及其他西部针叶树是晚熟植物，较晚开花。它们不像苹果树和枫树那样，种子一成熟就掉落，而是把种子挂在身上，因应某些环境因素的触发，才抛掉种子。美国黑松可能一直保持球果的封闭状态达五十年，等待一场火的到来，才打开球果，释放出种子。红杉也同样紧闭其球果达数十年，只有当球果受热达五十到六十摄氏度时，才释放出种子，而这种温度只有火才能达到。植物（和动物）的组织在五

十摄氏度时开始坏死，这表示这些巨人在温度高到足以杀死它们自己时释放出种子。有人认为，某些针叶树最低矮的枝条枯死后还留在树上，没有别的目的，只是为了扮演燃料，把地面上的火射上它们的树冠，以对球果进行加热并使其弹出种子。

在所谓的火险气候区里（年降雨量少，少于一百二十五厘米，干热期长，有强风），抵抗高热的能力是种珍贵的特性。澳大利亚就有这种气候，而其特有的桉树或树胶树，是地球上最容易着火的树，会产生大量的干树叶甚至可燃气体，能把火焰射到一百米远。然而桉树能抵抗难以置信的温度，而且某些品种甚至需要火来维持生存。即使处在相对潮湿的气候里，耐火能力也是一种资产。例如在夏威夷，长柄铁心木实际上可以在火山所喷出来的热熔渣的掩埋下存活，而且还能冒出新芽，甚至还能在一堆新鲜的火山灰底下长出新根。

花旗松不需要火来繁殖，但它们的生存的确要靠火。其幼苗不耐阴，这种树要靠火把基地附近像西部铁杉和北美乔柏这样的低矮树种清掉，以便它们的种子掉下时，能够安置在未被占用，从而没有遮阴的土地上。而且，灰烬中含有珍贵的养分，年轻的幼苗得以旺盛生长。如果没有火，花旗松终将消失于铁杉和乔柏林中。成熟的花旗松可以耐得住这些清场的火，因为它们已经演化出厚而不可燃的树皮（成株的树皮最厚可达三十厘米）来保护里面的形成层。

火的行径怪诞。它在几天之内横扫数千公顷的林木，似乎铁了心要毁掉它路径上的所有东西，却在这儿留下一株幼苗，那儿留下一棵成株，其他地方则立了几棵完整的树。经历这场火之后，对这焦黑的山谷匆匆一瞥，除了烧焦的木桩斜倚在灰烬堆上之外，空无一物。但仔细看，尤其是在雨后，将会发现偶尔的一抹绿意，流出的少许树脂，闪闪地映着阳光，而在山脊低处下方的掩蔽处，有一小片森林绿洲。

虽然花旗松的球果不需要高温来撬开，但它们必须干燥到自然含水量的百分之五十以下。在大火持续燃烧的这几天里，一棵七十米高、昂然矗立的花旗松上所悬挂的数百颗球果慢慢张开鳞片，把它们所藏的带翅种子，释放到来去自如的风中。种子各自或转或旋地飘落到地上。它们之中，百分之九十五会掉到石头上、水里面或贫瘠的土壤上而不能发芽。其余的，百分之九十五会因缺乏养分、遮阴太多，或是被前来探险的鹿鼠或道氏红松鼠吃掉，而活不过第一年。但大自然的铺张浪费，确保有一些种子（足够了）会落到湿润而富含矿物质的土壤上，它们能刺激其发芽。这些种子中的大多数将永远无法长到成株，在树皮还不够厚

之前就在另一场大火中丧生，被黑尾鹿吃掉，被麋鹿用来磨长得太旺的鹿角，遭遇昆虫、真菌病、干旱、土地位移、霜害，或是其他树的竞争。但在再度转绿的山谷向阳处，它们之中有一颗会将自己置身于空旷、高耸、排水良好的地方，那里阳光充足，还有从太平洋吹来的阵阵水汽。这颗种子会生根、长主干、抽出枝条、散出针叶，并在未来五百年的光景里，继续茁壮成长。它，就是我们的主角。



大火之后

开始

火是森林生态系统中常见而基本的成分。火会把森林中各种生命的物质和能量还原成基本成分，供新生命再利用。火、种子和我们这棵树接下来的成长，是一个进程中的几个阶段，这个进程远在动物出现于地球前就开始了。我们的宇宙于一百三十八亿年前发生了大爆炸。当时，所有的物质都被压缩在一起，成为一个奇点，而这一点，不会比本句结尾的句点大。然后，这个点以无法想象的力量、温度和速度爆炸，向外喷出，到今天还在继续扩展。在接下来的九十亿年里，冷却气旋含有足够多的物质，能产生引力把空气吸进来，成为密度不断增加的凝块。以宇宙的时间坐标来看，突然间，天空被数十亿颗几乎同时点燃的核子反应炉（恒星）照亮，其中一颗就是我们的恒星——太阳，由云团所形成的太阳，包含了太阳系百分之九十九点八以上的物质。

行星则是由那百分之零点二，未被困在太阳里的宇宙气态物质凝结而成。当地球成形时，约四十六亿年前，局部的引力把地球挤压在一起，其核心则受热成为岩浆。这颗行星上的大气层没有氧，但充满了二氧化碳和水蒸气等温室气体，它们形成一层隔热毯，把地球的热量包起来，使其表面温度稳定在适合生命存活的水平。于是舞台设置妥当，打上灯光，生命大戏便要开演。

第一幕是这样的：地球表面冷却成广大的地壳板块，漂浮在岩浆上，宛如火海上的巨型浮冰；它们相互碰撞之处往天空挤压，形成山脉，它们被拉扯分离之处，则有海洋涌入填补缺口。一阵子之后（这一阵子就是五亿年以上），蒸发、凝结和降水的水文循环系统自行在不毛之地上建立起来。洪水流动时，蚀刻出峡谷，从被冲刷入海的岩石中溶出矿物质，经过数千年的累积，这些物质和水里既有的元素相结合。海洋变成富含碳、氮、磷、硫、氢和钠的溶液。土地则得到由沙、砾石、火山灰、淤泥和黏土所组成的一层薄尘。

大约在第一幕戏的中场，这些建构基础在海洋里结合，形成活的有机体。它们如何形成，是现代生物学上争论得最激烈的问题，但大多数人同意，这大约发生于三十八亿年前或三十九亿年前，发生于水中，发生于一个需要能量的进程中。那能量可能来自不同源头：来自无臭氧大气的紫外线、闪电、流星雨（根据某些假说，流星带来少数地球所缺少的基本元素），和海底的温泉口——岩浆从地壳板块的裂缝中冒出，使水过热，并提供甲烷和氨等成分。

一些原子和分子最后合成较大的聚合物：高分子的脂肪、碳水化合物、蛋白质和核酸。由于不明原因，复杂的分子被脂肪膜包住，区隔出内外。这些就是原始细胞——生命的开始。在某一时刻，无生命的物质已经经过相当复杂的安排，变成了生命。第一幕结束。

今天，生命和非生命之间的分别有几项特性，没有任何一项特性是生物体所特有的，但集合起来，它们只表现于生物——高度有序的结构、繁殖、生长发育、对能源的利用、对环境的反应、体内平衡（维持内部环境不变）和演化适应。我们不知道有多少潜在的生命形态在短暂出现后，就屈服于来自其他的潜在生命形态和环境条件的压力，或者因为缺乏资源或应变能力而消失，退回成未成形的物质。生命也许是这样产生的，由于原始海洋中充满了各式各样的分子基材，自发性聚集经常出现。若果真如此，当时的竞争应该相当激烈，失败的代价则残忍无情。其中只有一个实验被证实是成功的。一旦出现一种生命形态，在竞争上胜过其他所有的生命形态，能自行复制，并以各种方式进行变异，以增加竞争优势，这种原始的单细胞细菌便成为地球上所有未来生命的始祖，也是这个星球上最后一例，由无生命物质通过自发性聚集产生的生命形式。此后，只有生命产生生命，代代相连从未间断，直到现在。

生命在第二幕开始时（一开始的几亿年间）并不容易。早期的细菌细胞必须在海洋里四处搜寻谋生，例如，运用原子间硫键断裂所释放的能量以执行化学反应，或是群聚在深海温泉附近取暖。如此微小的活动，大都发生在冰下数千米处，因为雪球地球（Snowball Earth，描述距今七点五亿年前到五点八亿年前一次极其严重而漫长的冰河时代）已经连续经历了好几个阶段的酷寒。这些早期生命形态，受到变动的环境和自然选择的塑造，演化了数千万年。

演化的基本引擎是突变：生物基因蓝图中，稀少而无法预测的变异。数代以来，由于生物只是以二分裂法简单地一分为二，该生物的所有基因乃依照计划复制、繁殖。但接着，突然而随机地，在某一子代中，承袭到修改过、不一样的某一基因的个体，就成了变种。在生命出现后的最初年代里，突变就是机会，产生也许能带来些许优势的变化。

今天，经过数十亿年的演化之后，任何一个活体都是经过万古天择磨炼出来的基因组受体。就像手工精致打造的表的零件是由数代的瑞士制表师傅煞费苦心研发而成的一样，细胞核中的基因系经过汰选，而能在该生物的一生中正常运作。如果我们打开手表后盖，胡乱插入一根针，这种随机事件能改善手表功能的机会相当有限，而绝大多数的情况

是这个举动将会带来恶果。突变事件就好比手表里的那根针，这就是为什么大多数的突变都有害，造成子代不适合在亲代的栖息地生存。但在很长一段时间里，突变会意外地提供优势，例如，在新陈代谢反应上的些许、几乎察觉不到的效率提升，或是附肢莫名其妙地变大、扭动时，可以提供推进力量。具有优势的子代存活下来，并透过竞争，把其余的兄弟姊妹淘汰，演化由此发生。不过，等待突变发生是一种随机而缓慢的生命推进方式。

然而，在性被发明了之后，演化的速度就大幅加快。有性生殖轻轻松松就打败了其他方法。性，引发基因混合和改组，产生庞大数量的新组合，大幅提升基因混合体带来些微优势的概率，而且巧妙地引入了死亡的必要性。当细胞进行无性生殖时，一如所有生物在早期数百万年里的做法，只是简单地生长和分裂为二，这两个子细胞完全相同，而且和它们的亲代细胞也相同。如果栖息地维持不变，这三个细胞，亲代细胞和两个子细胞有同样的生存概率。基本上每个细胞都可以长生不老，因为它可以一直无限分裂下去。然而，当有两个亲代时，可能的结果数目就成指数级增加，这意味着产生了更多不同的基因组合，它们超过了可存活的数量。

举例来说，每个亲代都带着基因a的两种形态，或称等位基因。其中一个亲代带着两个a1基因，而另一个亲代带着两个a2基因。通过有性生殖和基因重组，下一代将出现三种可能的组合：a1a1、a1a2和a2a2。现在，假设还有另一个基因b也存在两种形态：b1和b2。那么，可能的组合数上升到九种：a1a1b1b1、a1a1b2b2、a1a1b1b2、a1a2b1b1、a1a2b1b2、a1a2b2b2、a2a2b1b1、a2a2b1b2和a2a2b2b2。如果有三个具备两种形态的基因，则其组合数就跳到二十七种。如果有n个基因，其组合数就是3^n（n个3自乘）。这是假设每个基因只有两种形态，然而在现实中，每个基因也许会有好几十种不同的形态，于是，可能的组合数进一步暴增。最近，完整的人类基因组译码显示，我们每个人携带的基因可能多达三万个，这表示，如果每一个基因只有两种形态，其基因组合数将是三的三万次方，一个超过我们理解的数字。有这么庞大的变异量，于是竞争爆炸，许多细胞必须死亡。性的引入，是生物版的偷尝禁果，导致地球上的生物被逐出伊甸园。

将近有二十亿年的时间，单细胞细菌是这个行星上唯一存在的生命。如果我们能够回到那个时候，以裸眼观察，那么地球像是没有生命，因为细胞只有用显微镜放大才看得见。但海洋充满着丰富的不同生

命形态，全都在为资源和使用资源的空间而竞争。这是一个微生物的行星。从许多方面来看，现在依然如此。今天，科学家发现古细菌存在于地球表面下十五千米处，嵌在坚硬的岩石中。它们勉强维持生存，打破使原子相互结合的化学键以获得能源，啜饮岩石中的水分子，分裂的频率则可能少到一千年到一万年一次。这些细菌被锁在岩石中，不会受到冰河时期和温暖期的突变、大陆漂移及动植物大规模变化的影响。它们就像博物馆，保存着数十亿年前的基因情况。令人难以置信的是，在四千万年前的蜜蜂的内脏化石中，竟发现了活菌。据估计，地球上所有微生物的总重量超过了从树到鲸鱼、到草、到人类的所有多细胞生物的总重量。而正如我们看到的那样，我们人类和树木一样，都是这些原始细菌生存策略的精心杰作。

但接着，故事情节发生转折。在温暖周期里，一种类似现代蓝绿藻的生物发现了进行光合作用的方法——抓住落在海洋表面上的几束巨量的太阳光子流，利用其能量，转化成可以根据需要储存和使用的糖。这些光合作用者，是地球上最早的可以被称作植物的生物，散布于三十五亿年前的海洋中，充满最上层的二百米。它们非常善于利用流到地球表面的能量，其他非光合作用的细菌提供自身的原生质给光合作用者作为庇护所，以换取一些糖分。

这个原始的互利合作非常成功，以至于促成了其他功能的结合，诸如细胞分裂及能量生产也在类似的共生关系中被发展出来。光合作用细胞在借来的原生质里受到保护和滋养，最后终于把自己的整个未来和它们的寄主细胞绑在一起，通过完全整合以及被称为叶绿体的依赖性细胞器。光合作用是一种化学过程，让这个行星上几乎所有不同的独立、自行繁殖的生命成为可能，其效益则透过合作在细胞间相互分享。它还有附带效益：吸收二氧化碳减少被困在地球表面的热量，并释放有趣的副产品——氧气。

起初，这些光合作用者就是细菌或被称为原核生物的单细胞生物。和所有演化上的“突破”一样，光合作用者的早期模式应该很粗糙，但与不能利用阳光者相较，它们仍有巨大的优势。但当它们散布开来时，它们就再度开始竞争，而通过自然选择，光合作用变得更加有效而多元。并非所有细菌都能进行光合作用，但可以进行光合作用的细菌，能免于为能量来源而竞争，迅速占领海洋。作为浮游植物，它们仍旧拥有今天的海洋，而且地球上发生的光合作用有一半以上由它们进行，这也是为何它们被认为是“海洋中的隐形森林”。

大约在三十五亿年前到二十五亿年前之间，有一类原核群从其他的群组中分离出来，形成三个新系：古细菌系（例如嗜极菌，生活在深海火山口附近，甚至里面）、真细菌系（延续能进行光合作用的蓝绿藻那一系）和第三系。第三系最终变成真核生物，是一种具有细胞核的有机体。真核细胞起初是几个互利共生有机体的集合体，因为对寄主太有用了，以至于变成叶绿体和线粒体等细胞器。第一个真核生物是单细胞生物。它们成为多细胞生物的建构基础，多细胞生物这个群组包含所有的动物和植物。多细胞生物让单一个体里的细胞能够分化。一个多细胞真核生物是许多不同形式细胞的集群，每个细胞都执行对集体有利的工作，这基于对集体有利就对单个细胞有利的认识。一如细胞器和多细胞生物所展示的那样，在大自然中，合作和竞争一样，是一种驱动力，在无情的自然选择游戏中，提供选择优势。

如果有适当的养分，几乎所有构成人类的那一百万亿个细胞都能自行新陈代谢、成长和分裂。每一个几乎都够格成为独立的细胞，然而，每个细胞也都被整合在一个更大的整体里。因此，一个个体人类，就是在演化过程中的某一点上，出现的一群可能自给自足的细胞，它们为了整体更大的福利而合作，形成一个集群。从这个集合整体所表现出来的人类意识，则是一种新特质，远超过仅把各个部分加总起来的表现。

一开始，多细胞生物是自私和利他的奇怪混合体。每个细胞，如果要把自己小家庭中的所有工作照顾好，就无法把任何一件事做到最好，而多细胞生物中的每个细胞并没有这种负担。例如，一群细胞可以专注于消化，另一群则可能以生殖见长。第三群可能投身于能量获取或光合作用，把自己排列在庞大的表面上（例如叶子），吸收足够的阳光供给整个集合体能量，同时和周围的生物争夺在太阳下的空间。

大约在四亿五千万年前，很可能是因为过度拥挤和极度竞争的结果，一些植物从海洋环境移出到陆地上。有些生物被海浪冲到岸上，或是被暴风雨吹到陆地上，它们没有死掉，反而适应了水分有限的挑战环境，但这环境也蕴藏着许多机会——未经水滤过的阳光和富含二氧化碳的大气。第二幕到此结束。

当早期的植物散布到陆地上时，它们遇到充足的阳光，但由于离开海洋环境，它们不再浸泡于含有溶解的矿物质、元素和小分子的水中。它们必须从空气中吸收二氧化碳，而且必须找到新方法来寻找和吸收光合作用所需的营养、微量元素和水分。陆地上有灰尘、淤泥、沙、碎石和黏土，但没有土壤。只有在陆生植物世世代代的生生灭灭之后，它们

辛苦得到的矿物质和分子，加到岩石表面的惰性基质上，花了数十万年，才创造出土壤来。在数百万年间，陆上植物成了地球上另一半进行光合作用的生物。

现在陆地被土壤和蓄水池覆盖着，看起来到处都是植物，它们为了争取一丝阳光而用尽各种手段，这种情况愈演愈烈。用达尔文的话来说，在求生存的相互斗争中，竞争有利于进取和创新。找出方法得到阳光的个体，以些微优势领先其得不到阳光的兄弟株而得以生存。达尔文称之为“生命的伟大战争”。竞争最激烈之处，出现于“在大自然中占据几乎相同位置的同类物种之间”，达尔文在《物种起源》中写道。换言之，大自然最惨烈的战争一直是内战，兄弟对抗姊妹、子女对抗父母。优胜劣败。“每个有机生命……在其生命中的某段时期、在一年中的某个季节、在每一代或世代交替间，必须为生命而奋斗，并饱受大毁灭之苦。”在充满同种植物的野地里，站得比其他植物高一些者，将会以牺牲兄弟株为代价，而茁壮成长。

石炭纪始于三亿五千四百万年前，在此之前的某个时期，已经入侵陆地的物种的某些子代个体，试探性地爬上地面，偷走其兄弟的阳光而茂盛生长。要成功做到这点而不被风或浪吹倒，或不被其他努力模仿其成功方式的植物拉下来，它们就必须发展出坚固的茎和强韧的根。它们必须成为树。

土壤中的家

虽然有些植物的种子，例如巨杉，喜欢充满灰烬的土壤，但花旗松的种子可以休眠多年，等待氮和其他养分来恢复土壤基底。氮是生命不可或缺之物，为构成核酸和蛋白质的元素，占我们身体重量的百分之二。氮在空气中相当丰富，占了百分之七十八。但在土壤中，每一百万个粒子中只出现五个含氮粒子。氮浓度低是植物生长的最大限制因素。而在陡峭的太平洋海岸山脉，绵绵不绝的雨已经把诸如氮之类的养分冲离了薄薄的土壤层。由于氮不是高度活跃的元素，它必须经过一个生命过程，转变成氨或氮氧化合物，才能被生物吸收和利用。这个转换过程称为固氮。

在森林中，酪酸梭状芽孢杆菌这类的细菌把空气中的氮抓下来，固定到土壤中。这种细菌在八十二摄氏度就会被消灭，而花旗松休眠种子所在的地表，发生火灾时可轻易超过此温度。克里斯·马泽尔在《原始林》一书中，追踪了大火之后酪酸梭状芽孢杆菌重回上层土壤的秘密路

径。

在地表深处，松露和各种森林真菌的子实体（fruiting bodies，真菌产生孢子的构造）躲过了大火。细菌和酵母菌孢子就长在松露的表皮上。鹿鼠可能是北美洲分布最广的啮齿动物，为杂食主义者。它们喜欢吃种子，但也不排斥坚果、浆果、虫卵和幼虫，或菇类。它们会做大型的种子储藏室（鹿鼠在美国西南部所储藏的松子带有致命的汉坦病毒，会造成四角病），这表示它们对家有很强的依恋，例如它们被火灾赶走后，很快就会回来。然而，大火摧毁了它们大部分的食物供给，包括它们的种子储藏室。于是，它们在晚上匆匆地跑来跑去，挖起松露饱餐一顿（过得还真不错），没多久就排出颗粒状的大便，上面带着未消化的酪酸梭状芽孢杆菌。“于是，”马泽尔写道，“被烧过的土壤，几乎马上就被森林中的小型哺乳动物，以从活森林中搬运过来的松露孢子、固氮细菌、酵母菌重新接种。”

“几乎马上”也许有些夸张，但并不过分。太平洋西北部是北美洲最多样化的动物群落的所在地，鼹鼠、田鼠、花栗鼠、囊地鼠、鼩鼱、老鼠和林鼠中的数十个物种都跟花旗松森林有关，鹿鼠和这些小型动物忙着把贫瘠的木灰转化成肥沃的土壤。有一份研究指出，特氏鼩鼱、漂泊鼩鼱、鹿鼠和爬行田鼠这四种动物，在火灾清理过的森林区域里，特别活跃。但即使有一群食虫动物和啮齿动物的小型部队来排便，大火之后，森林中的树木可能也要花五十年到一百年才能完成重生过程。

鹿鼠也喜欢吃花旗松的种子，它们硕大而营养丰富，而且落在空地上不太可能很久都找不到。我们这颗种子还蛮幸运的。世纪大火冒出来的烟，让大气充满了尘粒，而这些尘粒形成雨滴的核心，不出几天，火后大雨在山谷那儿倾盆而下，灰烬溶于水中，然后渗入土壤。水流成河，数以千计的种子被大水从火灾区冲出，顺流而下。许多种子被冲到海里，腐烂后就成了海中生物的食物。然而，我们这颗却碰到了一个小型回流，它是通过水道在一堆落石处突然转向而形成的，然后种子随着漩涡卷到漫滩上，当大水消退后，就在此处安置下来。大雨不只冲刷土地，还清理天空，当云消雾散时，太阳出来了，晒干了所有的雨水。

地球在绕行太阳的轨道上运行，产生季节变化。终于温度下降，雨转成了雪，由于我们的种子所在的高度，从十一月到四月，降水形式主要以降雪为主。大雪满山满谷，覆盖了森林遗留下来的伤痕。现在只有矗立的木头是黑色的，还有麋鹿和白尾鹿漫步所留下来的细致脚印是黑色的，它们沿着路快速往山下移动，那儿有好吃的牧草。

原始林

冰河撤退之后，百分之五十以上的地球陆地都是森林——只要不是有山、冻原、大草原、干草原或沙漠的地方，就都有树。全世界的森林占地一亿二千五百万平方千米，包括热带雨林、温带阔叶林和北方针叶林。地球是一颗绿色行星。树木从大气中吸收温室气体，并置换成给予生命的氧气。它们把养分和氮贡献给土壤，使其适合农耕。如果没有森林，我们几乎可以确定，地球上的生物还是以海洋生物为主。然而因为人类的活动，那些远古留下来的森林遭到了极大的破坏，而对它们所保有的物种，我们也所知甚少。有哪些脊椎动物、昆虫、植物、真菌和微生物依赖原始林生存？当原始而复杂的森林群落被农业林，甚至次生林或三生林取代时，这对气候形态、冲蚀、风和太阳效应会产生什么影响？南美洲、澳大利亚及新西兰、亚洲和欧洲的研究，几乎才刚开始揭示原始林及其特有物种的特殊性质，但强大的现代科技和爆炸增长的人口数量、消费以及全球经济的重度需求，却正在消灭物种，有的物种甚至在未被发现之前就绝种了。

在欧洲人来到太平洋西北部之前，花旗松覆盖了超过七千七百万公顷的山区和海岸栖息地，从加拿大不列颠哥伦比亚省中部南下到墨西哥，从东方的喀斯喀特山脊向南到威拉米特和萨克拉门托山谷，从海岸山脉顶上，下到几乎触及太平洋海岸线，那儿有一小片锡特卡云杉、西部铁杉和北美红杉，把花旗松林和大海隔开。这是个相对年轻的生态系统。在威斯康星冰期结束时，差不多是一万一千年前，极地气候转为温带气候，这迫使庞大的落叶林东移，并把温和而潮湿的冬季和干燥的夏季带到西部，这种气候很适合针叶树。第一批迁入的树种是美国黑松，称霸了数千年，直到气候变得相当温暖。然后花旗松取而代之，整个景观被它们的树冠、粗树干和密实的针叶占满，在这新的栖息地上，它们完全胜过其他树种——北边的北美乔柏和西部铁杉，低地和山谷地区的太平洋紫杉和大冷杉，南区的黄松、锡特卡云杉、糖松、石栎和太平洋浆果鹃。总之，这些温带雨林每公顷所支撑的生物量比地球上的任何生态系统都要多。在这个行星上的每个地方，树木发展出不同的策略，利用其周遭独特的气候、地理和生态条件以求生存。

花旗松是先驱树种，这表示它能快速移动，有效进入没有其他树木的区域进行殖民，这特别有利于排除其他树种，至少可在树身长高而挡住阳光之前，排除其他树木的进入。接着，少数耐阴树种可以在它们的枝干的遮蔽之下存活一阵子。但如果每隔几年就来场清理大火，把附近

的枯木和低矮灌木清掉以利于花旗松幼苗的生长，则花旗松会长得更旺。讽刺的是，铁杉、乔柏和冷杉等低矮树种，也都是殖民树种。它们在下面耐心地等待时机，直到那棵大树长得太大了，超过其根系的负担而倒下，然后，它们就可以占据这块地盘。

最早记录花旗松的植物学者是十九世纪的自然作家约翰·缪尔。他称之为花旗杉，然而，却低估了命名学上的问题。花旗松并不是冷杉，或云杉，或松，虽然它常常被这么称呼。这就是花旗松的英文Douglas-fir中间加个连接符号的原因。该树的学名*Pseudotsuga menziesii*也没有提供太大帮助，Pseudotsuga的意思是“假铁杉”，Menziesii则是亚历山大·孟席斯的姓氏，他是皇家植物学者，当他坐着乔治·温哥华船长的“发现”号航行到北美洲西海岸时，他采集到了这种树的幼苗。

对缪尔而言，花旗松是“目前为止我在所有森林中所见过的最雄伟的云杉，也是主要松林区里最大、最长寿的巨木”。从他对南加利福尼亚州的感受来看，虽然以花旗松为主的俄勒冈森林太密又太暗，但高山地区的花旗松林和糖松林是稀稀疏疏的，而且“在中午，没有被太阳照到的森林面积只有百分之二十”，这简直是天堂。“这种强壮的云杉，”他写道，“永远那么美丽，一个世纪又一个世纪，经历了一千次的暴风雨，依然青春永驻，迎接山上的风雪以及夏日和煦的阳光。”在欧洲人到来之前，花旗松林是原始林。

没有人可以明确知道在欧洲人到来之前，北美洲到底住了多少人，但考古学和DNA上的证据显示，早在哥伦布在伊斯帕尼奥拉岛的海滩上建立第一座绞刑台之前，北美洲就已经有了稠密的人口、丰富的历史和多元的文化。目前的估计是十四世纪时，居住在这里的人口已经多达八千万，几乎与当时的欧洲人口一样多。当时之所以有这么多人住在太平洋西北部，原因或多或少和今天许多人住在那里的理由相同：气候温和、渔产富饶、森林有丰富的动植物资源，还有山脉作为屏障，以防该大陆上其他地区的人觊觎此处。最近，在沿海小岛和洞穴地点等在冰河时代未经冰河覆盖的地区，有考古证据显示，这些人的祖先并没有像以前所假设的那样，跨越白令陆桥之后走山路过来，而是更早之前就搭船过来，可能是来自波利尼西亚群岛，澳大利亚的土著民也来自那里。他们从海上过来。

大约这个时候，我们的种子就浸在阳光里，旁边有些掉落的石头和岩屑，阿兹特克帝国则正在建设首都特诺奇蒂特兰城，现在被称为墨西哥城。太平洋西北部并没有进行这么大的都市计划，但人口也算不少。

沿海萨利什人分布于北到温哥华岛北方，南到哥伦比亚河之间的低洼地区，居住在小型的氏族村庄里，每村约有三百人，维生的方式是在河里捕鲑鱼、在海边采集蛤蜊和牡蛎，以及贸易——每个村庄也是一个商业中心。村子很小，但很多。每个村子约有一百户。沿海萨利什人使用树也尊敬树，用北美乔柏制造独木舟、长屋和墓碑，因为这种树够大，但比花旗松容易砍伐，也比较软，方便雕刻，最重要的原因可能是它们长在海岸线上。他们甚至用其树皮做成夏季衣服，和波利尼西亚人一样。海岸边的原住民和全世界每个地方的人一样，利用他们敏锐的观察力，发现土地上的树木有许多用处。他们用云杉的根做篮子，用雪松做图腾柱，用美洲绿桤木的枝条来熏鲑鱼，用云杉的树胶来覆盖伤口。这就是鲑鱼—森林人。

华盛顿·欧文于一八三六年描写（才接触不久的）沿海萨利什人，他记载道："在他们的想法中，有一位仁慈而万能的神灵，是万物的创造者。他们随心所欲地把它描述成各种形态，但一般而言，它是一只巨大的鸟。"当这只鸟生气时，闪电发自它的眼睛，雷则是它在拍打翅膀。他们也谈到第二位神灵，它代表火，最令他们感到害怕。

这只"大鸟"就是渡鸦。渡鸦是一种会飞的丛林狼，是个骗子、变形者。渡鸦存在于海达族小说作者兼艺术家比尔·里德，以及诗人兼译者罗伯特·布林赫斯特的作品里，"在万物出现之前，在洪水淹没大地又退却之前，在动物于地上走路、树木覆盖土地、小鸟在树丛中飞翔之前"，渡鸦偷走了光，交给天空。它从河狸那里偷走鲑鱼，交给通向海洋的河流。而在大洪水退走之后，它发现，一枚躺在沙滩上的巨蚌中，装着一大群小小的、有两条腿、没羽毛也没鸟喙的动物。它用低沉的声音吼他们，而他们匆匆忙忙地跑出蚌壳，傻傻地看着还不太习惯的太阳。他们就是最早的人类。

古巴比伦有一则关于渡鸦和洪水的故事。巴比伦人乌特纳比西丁在大洪水来袭时，建造了一艘方舟。他想知道水是否已经退去，于是派鸽子去寻找陆地。鸽子找不到地方降落，就回到了方舟。过了一阵子之后，乌特纳比西丁派燕子出去。燕子也找不到土地就回来了。然后，乌特纳比西丁拿出一只渡鸦放它走。渡鸦飞走了，没有再回来。

现在我们知道为什么了。渡鸦降落在太平洋西北部的一处海滩上，并且忙着哄从蚌壳里跑出来的第一群人类。西海岸的第一群人来自海上。

种子的周围环境

当雪开始融化时，我们种子下面的土壤变得暖和，生命在里面蠢蠢欲动。在这种情况下，它有了伴侣：第一批开花植物也开始迁入。双色羽扇豆开始往斜坡上长，更接近之前的火场。因为种子的落点不像高处地区烧得那么彻底，所以周遭的土壤也就不会那么缺乏氮，而羽扇豆在缺乏氮的土壤里长得很旺。那里还有更多的柳兰，同样是三米高的植物，分布于更北边，首先在冰河撤退后所留下来的沙砾地定居：它喜欢火和冰。羽扇豆和柳兰在大火烧过的山谷里长得很茂盛，但在碎石滩这里，有一种较小而较少见的宽叶柳兰则长得很好。它的高度只有三十厘米，但其粉红四瓣花的色泽比高大的同类更深浓。

缪尔于一八八八年走过俄勒冈一处花旗松林下的空地，写到他“踏入了一座迷人的野生花园，充满了百合、兰花、石楠草和玫瑰等，色彩鲜艳而且花团锦簇，而人工花园不论被多么细心照顾，都显得可怜而愚蠢”。我们可以合理假设，上面所提及的野花，有一部分早在一三〇〇年就带头长在我们那颗种子的周围。所提到的百合可能是哥伦比亚百合，俗称老虎百合，在这一带随处可见，潮湿的森林里和开阔的草原上都有。虽然要到六月之后，才能看到令人熟悉的带着红褐色斑点的橘色花瓣，不过其无茎的幼苗在四月下旬就开始穿出土壤。费城百合也是红褐色斑点的橘色花，在这区域里也有很多。

缪尔所看到的兰花是搔首弄姿的模特儿。兰花是植物中最大的花卉家族，全世界有三万多种。许多是腐生植物，这是极为原始的兰花，主要靠吸收腐败植物的养分，因而不需要叶绿素。毫无疑问，缪尔所看到的兰花是布袋兰，又名鹿头兰，在巨树常年遮阴之下的苔藓林地上非常多。布袋兰引诱蜜蜂进入，停在其粉红花朵大而噘起的唇瓣下部，一进到这里，唇瓣上部就闭起来，把蜜蜂困在里头；当蜜蜂挣扎着想要脱困时，会猛然撞击蕊柱，拾起一撮花粉，当它脱困后，也许会将花粉送进另一朵花。

缪尔似乎发明了“石楠草”这个名词，但石楠植物包括蓝莓、野荞麦和熊果等常见植物。熊果是一种常绿灌木，欧洲商人和捕兽者又称之为“基尼基尼克”，并把这个词语带到了西方，这是奥吉布瓦语“混合”的意思，因为其叶子干燥后和烟草混合，可以在长途旅行中让粮食放久一些。其果实也可以经干燥后捣碎，混着鲑鱼油去炸，因此，基尼基尼克这个名字，对住在海边的萨利什人来说，可能有点道理。缪尔所描述的另一种石楠植物：锦绦花，有着“极为纤细蔓延的枝条和鳞状叶”，是一

种小型植物，于七月“在冰川湖、草原和整个湿沼附近，铺展出一条又一条摇曳生姿的可爱花朵带”。而缪尔所说的玫瑰可能是一大群植物的总称，从真正的玫瑰到弗吉尼亚草莓、印第安李，或称拟樱桃，还有壮观的假升麻，这些都是蔷薇科植物，全都可以在凉爽、高海拔的花旗松林地里被发现。

这些开花植物不会伤害花旗松的种子。虽然当这棵树长到幼树的高度时，它将不需要也不能容忍遮阴，但作为一颗种子，它需要保护，以免被太阳灼伤。和所有其他种类的树的种子一样，它已经包含了长成一棵树所需的各种东西。它在脱离球果前受精。它已经度过了冬季的休眠阶段。它是满盛希望的容器，带着执行生命新陈代谢程序所需的所有累积的基因信息。要在一处落地生根，它必须从该处吸取生存所需的其他东西：来自空气中的二氧化碳、来自土壤的水分和其他元素，以及来自太阳的光线。

它躺在土壤上，像把上膛的手枪。胚根、胚轴和五到七片子叶，包在胚乳里头，以坚硬的外壳，或称种皮，做保护。它有一整间屋子的食品储存在胚乳和子叶里，它们以碳水化合物的形态，伴随着它度过发芽后的前几天，提供成长所需的养分，直到其成为幼苗开始进行光合作用。

当春天来到山谷时，两只渡鸦在一株完美无瑕的花旗松上落脚，它们所在的位置比种子还要高，它们经常要飞下来到小河边喝水。渡鸦具有无穷的吸引力。它们是鸦科中的体形最大者，这个群体包括乌鸦、松鸦和鹊，渡鸦的双翅展开超过一米，这使得它们比许多鹰类还大。它们什么都吃，包括冬天里的树芽，但它们还是更喜欢吃肉。它们会抢夺其他鸟鸟巢里的蛋和雏鸟，尤其是在滨鸟群聚之处。它们会抓一两只走错地方的鹿鼠。它们花很多时间在海边或河边闲晃，只要是活的都抓，无一幸免。它们整个秋季都加入鲑鱼潮，把挡在前面的白头海雕挤开，并以它们的喙部翻动石头找鱼卵吃，鱼卵里头包含着能量和营养。它们用树枝做成杂乱的鸟巢，建在悬崖边或最高的树上，而花旗松实在也是够高的了，但它们用威胁的眼睛盯着地上，寻找食物。它们沙哑而低沉的叫声是各种歌剧剧目的一部分，变化多端令人惊喜，包括低鸣、哀嚎和旋律优美的咯咯声，比如，这个鸟类中的路易斯·阿姆斯特朗突然唱出像宾·克罗斯比那样的歌声。

它们的声音绝对是最大的，但毕竟不是山谷里唯一的声音。渡鸦是交响乐团里的铜管组，更细腻的音符则由斯温氏夜鸫、孤绿鹃、黄莺和

其他在春季回来的候鸟演绎。这里的黄莺是阿拉斯加变种，是声音高亢的北方亚种的一员，在飞往阿留申群岛和阿拉斯加狭地的途中路经此地。它们吃东西时像个紧张的观光客，避开开阔空间和大树，而在河床旁和火灾后新绿处周围的低矮阔叶灌木林中觅食。它们匆匆地在枝丫间移动，跳过来跳过去，以神奇的速度啄食大小蜘蛛，它们的鲜黄羽毛在阳光中闪闪发亮。

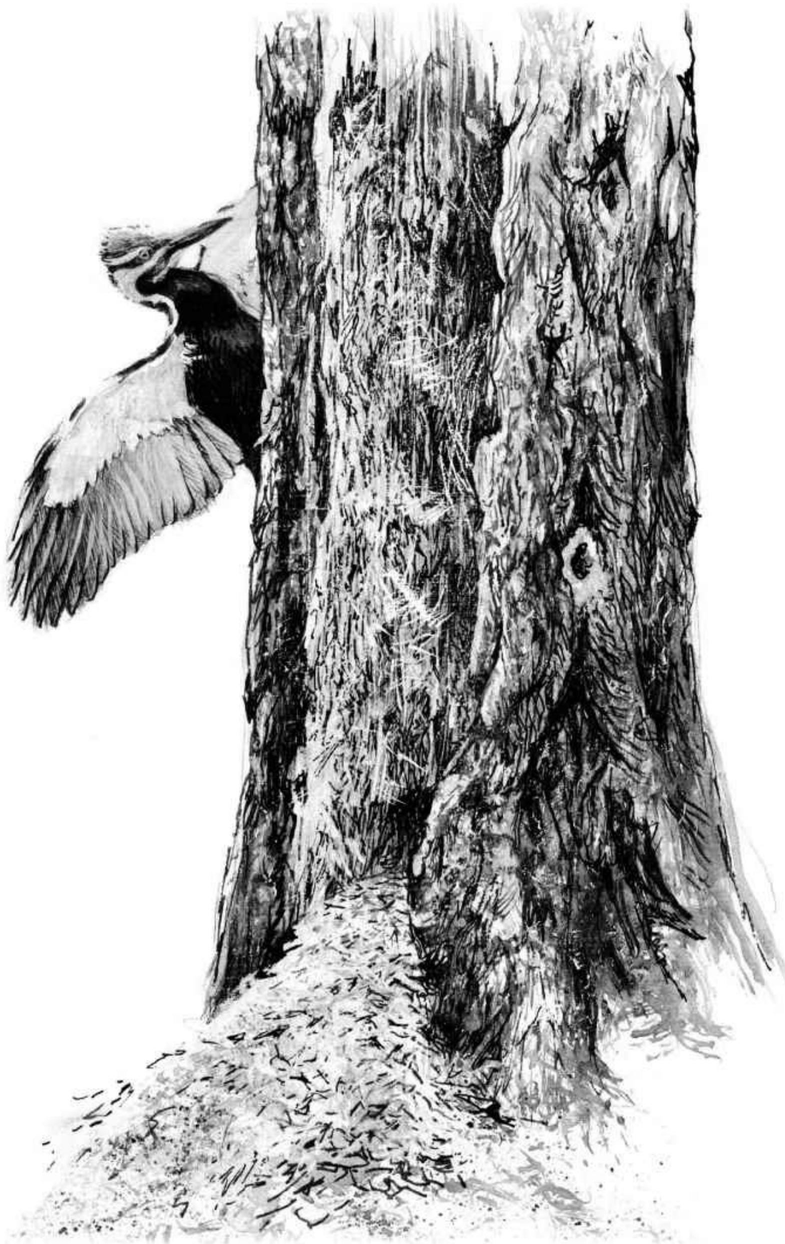
一只黑白双色的北美黑啄木鸟看起来令人吃惊，宛如一块正在飞行的化石，也许是始祖鸟化石，羽毛又神奇地长出来了。它展示出对木蚁的无限专注，但这并不妨碍它吃树皮甲虫，在东方，这一类昆虫是致命的荷兰榆树病的媒虫。在此地，它们被不吉利地命名为花旗松甲虫，它们是一种背部黑亮的小甲虫，特别喜欢曾经被火轻微伤害过的健康花旗松。母虫于春季钻透树皮，进到树的形成层，吃出一条可能长达半米的产卵通道，并把卵产在里头；几周后卵就会孵化，白色幼虫一路津津有味地吃着，一条新的进食通道形成，直到它们在秋季钻出来，成为成虫。北美黑啄木鸟以爪子抓住树皮并用尾巴把自己撑住，头转到一边，好像在倾听进食的声音。与此同时，它还时时留意冷杉扁头吉丁，其母虫并不挖树，但会把卵产在树皮的裂缝中，而北美黑啄木鸟很容易就可以看到它们古铜黑色的甲虫状身体在太阳下闪闪发亮。

植物学的诞生

古希腊人怀疑，树有很多部分是无法用肉眼看到的，其中一位古希腊人，他的观察记录一直保持至今，他就是被卡罗勒斯·林奈尊为植物学之父的特奥夫拉斯图斯。公元前三七二年，特奥夫拉斯图斯生于莱斯沃斯岛今日的中心城市米蒂利尼。特奥夫拉斯图斯年轻时就被送到雅典向柏拉图学习。亚里士多德死后，特奥夫拉斯图斯不只继承了他创立的学园和其广大的（而且是第一座）植物园，还继承了亚里士多德的私人图书馆，据说是当时希腊最大的图书馆。特奥夫拉斯图斯的二百二十七篇植物学论文和《植物史》及《植物本原》两部著作中的许多内容，几乎可以确定是摘自亚里士多德本人对植物之功能、生理特征和意义的观察。

特奥夫拉斯图斯把这些观察加以改善并扩充。他很少会放心地接受，而是会仔细检查他所接触到的任何信息，不论信息是来自最基层的切根人（供应药用植物给雅典药师的根部采集者），或是来自大师本人。例如，亚里士多德推测，树被毁坏之后还可以继续活着，因为它们含有某种存在于树木各个部分的“生命原”，而且由于这种普遍的生命

力，它们永远是“一部分死亡，一部分新生”。但对亚里士多德而言，树主要是哲学上的概念，他谈的不是某一棵特定的树，而是在柏拉图洞穴墙上晃动的“理想树”的影子。亚里士多德并不是现在所谓的田野科学家。



北美黑啄木鸟

特奥夫拉斯图斯则是。他走到外面去看树。他把树挖起来检查它们

的根。他解剖种子和果实。他把它们分门别类，分成乔木、灌木和草本植物，并谈道，有些树长在山区（他提到冷杉、野松、云杉、冬青、黄杨、胡桃和栗树），有些树则喜欢长在低洼地和平原：榆树、白蜡树、枫树、柳树、桤木和杨树。他相信松树和杉树在南面向阳的坡地能长得很茂盛，硬木树则在山的遮蔽面长得比较好。他看到长在凉爽地区的落叶树，其树干笔直无分叉，而在充分日照下的树偏向于分成两三枝树干，于基部相连接。

虽然特奥夫拉斯图斯因为看到树受伤后的自我修复能力，甚或可以离地生存的能力，而接受了亚里士多德的生命力观点，但他还是去研究了这种力量是如何传送到树的各个部位的。他认识到根是“树木吸收养分的部位”，茎则是导管，把养分传送到叶子。他想不出来叶子有何用处，并且怀疑树叶是否是真正的器官或只是附属物，但他描述了数百种叶子，以其形态区分出不同物种，或是把乍看不一样的植物归并为同种。他将物种分成具有两部分名称的类别——那就是，使用双姓。他写到种子发芽和幼苗发育的部分，正确判别出种皮里的胚根先长，然后才是根。特奥夫拉斯图斯是真正的田野观察科学家，而他在植物学上的权威，一直延伸至中世纪，甚至更久。与此同时，我们的那棵树正要开始它的生命，我们今天对植物形态学的了解仍然和特奥夫拉斯图斯差不多，可能更少。

第二位伟大的希腊植物学家是迪奥斯科里季斯。他大约于基督时代生于地中海沿岸的奇里乞亚，为罗马军医。大约公元五十年，也许是在埃及，他进入过现在已经消失了的亚历山大图书馆。他的唯一著作《药物论》探讨了六百多种植物的药学特性，该书似乎是作为医师甚至一般市民的指南，而不像特奥夫拉斯图斯那样的学术著作。迪奥斯科里季斯在告诉大家植物药的制备及最有效的应用方式时，对植物为什么会有疗效并不怎么有兴趣。

许多经迪奥斯科里季斯研究过的草药仍被沿用至今，包括：杏仁油、芦荟、颠茄、炉甘石、姜、刺柏、墨角兰和罂粟等。他也描述提炼自动物和矿物的药。据说迪奥斯科里季斯的著作，一直到十七世纪都是关于草药的最权威的著作，即使是北欧的医生，虽然他们附近很少有书中记载的植物，却也都参考此书。《药物论》在药界之地位，一如《圣经》之于宗教界。该书的各种拉丁文译本，一直是主要的参考书。一三〇〇年，意大利自然史学家彼得罗·达巴诺在巴黎讲授迪奥斯科里季斯，后来又回到帕多瓦，热情地拥戴迪奥斯科里季斯所坚持的理念：寻

求所有自然现象的自然原因——事实上他热情到被控诉为异端邪说，因为他质疑基督诞生的神迹，然而他在审判前就过世了。他的命运不只显示出科学和宗教间的分歧愈演愈烈，还显示出，在看似不相关的领域里，只是单纯研究植物所具有的深远意义。达巴诺死于一三一五年，在他死后，他的著作受到谴责，他的尸体则被挖出焚毁。

在野花新叶的遮蔽下，这颗种子开启了炼金术程序，吸收空气中的基本元素、阳光和水，并把它们转化成生命。它的启动过程，只需要一点点温度和湿度，这在太平洋西北部皮吉特海湾地区的向南坡地上，就意味着春天。

第二章

生根

树，虽然喜欢交际，却也相当个人主义，因此，在其一生中，当碰到生死攸关的抉择时，它终究将不假思索地选择对自己生存有利，或对其子孙生存有利的方向。

我是风之声

浪之音和树之语

我信念坚定满怀热望

我有力量成为……

查尔斯·罗伯茨《原住民》

我们那颗种子落脚的向南坡地高处，水分、温度和氧气都很充裕。种子四周是忙碌的生活。从林地里钻出来的昆虫，宛若被阳光照亮的灰尘粒子，在一束束穿过天篷般树冠的日光中，快速地闪着。空气中充满了它们的振翅声。欧洲蕨像某种神话里的蛇，开始张开卷曲的头，伸展成庞大的叶子。一些全盘花开始冒芽，它们会长到三四米高，它们长长的枝条则已经悬满香甜多汁的奶油色花朵。花旗松林里的生命不仅丰富，还很壮观。

现在，我们的种子已经完全醒来，其体液开始流动，引擎发出低吼声。胚根在外种皮里蠢蠢欲动。植物最先长出来的部分，穿过种皮的一个小开口，或称珠孔。它戴着根冠，这是一顶宽松的细胞硬帽，当根部向下穿入粗糙的土壤时，保护其脆弱的根尖不受伤害。根的生长方式是在根冠后面进行细胞分裂以增加自己的数量，根里面的细胞也会分化成特殊形态的组织。其中央或核心，含有木质部，这种组织由众多相互连接、细长而中空的细胞，即管胞构成。每个管胞的两端皆被封住，像个小胶囊，具有支撑和运送水分的功能，水分从根壁或内皮层进入木质

部。水分经由管胞壁上的纹孔渗出，然后传给上面的一个管胞，如此辗转相传到植物的其余部分。

我们尚未完全了解水分在树里面的传输机制。一棵长成的大树，管胞柱可以从根部延伸到树顶，把水分升高到离地一百米以上。在细管子里，水分可以被表面张力拉上来，这称为毛细管作用，但这个过程只能让水分上升数毫米而已。渗透作用是指水分从较稀的盐溶液移向较浓的盐溶液的现象，它解释了水分从土壤进入根细胞的原因，但水分如何从根部被拉到叶子或针叶上依然是个谜。当前最流行的假说是，叶子上的蒸发作用在其后面产生了一个真空部位，而这个真空部位通过木质部把水吸上来。可能还有水泵机制，主动推拉水分子。当一处木质部被刺穿（例如被穿孔虫刺穿），空气就跑进去了，而这一处木质部此后将停止运送水分。

第二种组织是韧皮部。韧皮部很像木质部，但由筛胞构成，筛胞也是沿着根系端端相连。筛胞和木质部的管胞具有类似的功能，但其内部的液体可以双向流动，把储存在子叶里（以及后来从叶子或针叶中制造出来）的养分，下传到根部。管胞和筛胞是摩天大树里上上下下的升降梯。

秘密生活

我们的树已经开启了它的秘密生活。至少，对我们而言是神秘的，因为经过几千年的研究，我们对树还是有很多不了解的地方。有些是实质性的问题——譬如说，它产生多少种不同的激素？但还有一些非实质性的疑问。树是一个独立的个体吗？抑或要透过与其他动植物个体的结合，才能实现其真正本质？科学家猜测，二者皆有可能。

树是群体生物，有时候，甚至达到共产主义的程度：它们以一大群的方式一起生长，好像是为了舒适或保护。它们和附近其他的树建立关系，包括异花授粉的性关系，甚至还会和同种及不同种的树沟通；它们为整体利益而运作，其方式有时令人啧啧称奇；它们会像人类为了食物而种豆子一样，与其他的物种形成共生关系——即使其他物种和它们的关系相当疏远，属于不同目。“树是社会生物，”英国文学家约翰·福尔斯在《树》一书中写道，“更甚于我们人类，相较之下，孤立无援的水手或隐士更像个与世隔绝的怪胎。”要了解一棵树，我们就必须了解整座森林。

但有些树是孤立无援的水手。一八六五年，当马克·吐温于约塞米蒂国家公园东边，加利福尼亚州的莫诺湖里，驾着独木舟划向湖中央的火山岛时，他发现一处景观，被一再喷出的火山完全毁灭。“除了灰烬和浮石之外空无一物，”他写道，“我们每一步都陷到膝部。”他从未见过比这更荒芜、更没有生命的地形。岛中央是“一处浅而广阔的盆地，上面铺着一层灰，还有东一堆、西一堆的细沙”。然而，活火山还有蒸汽喷出，在那附近，他发现了“岛上的唯一一棵树，一棵小松树，有着最优美的树型，完全对称”。实际上，该树因为靠近火山而获利，“因为蒸汽不断地飘过枝条，使其常保湿润”。有关生命的坚持和生命的自食其力，再也没有比凶险盆地里的那棵孤松更具说服力的了。

树，虽然喜欢交际，却也相当个人主义，因此，在其一生中，当碰到生死攸关的抉择时，它终究将不假思索地选择对自己生存有利，或对其子孙生存有利的方向。在面对生存问题时，树是个封闭系统。由于一开始就很幸运，降落在有利生长的环境里，每棵树都已经或能够为自己取得向简单而特定的目标迈进所需的所有东西，其目标就是活得更长，也够健康，足以产生后代，把其部分遗传物质携向未来。森林并不只是一堆树而已，它是许多生物的社区。但里面的每个个体能够以福尔斯所谓的“个体有别于群众”的方式突显自己。从花旗松的角度而言，群众就是被火处理掉的那些植物。

树是群落的一部分，但树本身也是个群落，包含不同部分——根、茎、枝、针叶、球果、内面树芯和外层树皮。树之所以能自给自足，乃是靠着一套长期发展出来的网络，把各个成员联结起来，其间的联系则或疏或密。它不仅要把水从地上运到叶子，把养分从叶子运到根部，而且其他的化合物也要有效移动，甚至还要比水及养分的移动更有效率。

例如，一株成熟的花旗松要花三十六个小时，才能把水分从根部送到树冠；驱赶入侵昆虫或治疗折损枝干的化合物则必须更迅速地就位。人体的各个部位有许多系统负责信息的沟通和传递：中枢神经系统、交感神经系统、淋巴系统和免疫系统。树比人类更早出现，事实上，远比哺乳动物更早。地球上，植物的种类比哺乳动物的种类还多。其实，兰花的种类几乎就和哺乳动物的种类一样多。而且，树还演化出一套属于它们自己的复杂系统，以管理生长、维护、修复和防护等功能。特奥夫拉斯图斯猜测树的脉管里流着“生命原”，这并没有错得很离谱；而英国植物学家尼赫迈亚·格鲁于一六八二年在《植物解剖学》中写道，花粉“落在种子箱，即子宫上，以多产的精力和生命气味碰触之”，这也不

离谱。这两位作者都试着表达出他们感受到的能使一棵树产生的神秘内在生命力，但直到最近，我们才真正开启了一扇窗，得以一窥这股力量。

在树的神秘系统中，第一种被科学证实的“生命气味”就是生长素，即植物生长激素，它刺激细胞分裂、增大和分化。伟大的德国植物生理学家及理论家尤利乌斯·冯·萨克斯最先证明了植物种子以淀粉形式储存养分，而淀粉正是第一种可检测到的光合作用产物，而且在根的形成中，细胞增大比细胞分裂更重要。他在一八六五年指出，负责形成花和种子的“特定的器官形成物质”，乃是在叶子中产生的。虽然他无法成功地分离出，甚至找到这些物质，但他的影响非常大，以至于让整整一代的植物科学家去寻找这些物质，最后终于证实了他的预测。

二十世纪二十年代，一群由荷兰植物学家弗里德里希·文特领导的荷兰乌得勒支大学的研究人员终于有了发现。乌得勒支学派一开始想要了解的是植物的向性概念——植物为什么会对各种外界影响产生反应，例如光（向光性）、水（向水性）和重力（向地性）。他们感到很奇怪，为什么植物的根从种子长出时，即使种子在地上是上下颠倒的，根却总是往下长？传统的理论认为根有向地性——其重量把自己往下拉。但如果是这样，那么，他们继续思考，是什么因素造成根不再往下长，而开始水平生长？虽然大多数的树，包括花旗松，中央有个胡萝卜似的主根，但百分之九十以上的树根系统是在地表四分之一米的范围内水平伸展。而且，如果植物具有向地性，那么，是什么因素推着植物的茎部抵抗重力，一直往上长？

乌得勒支学派发现，植物的器官，特别是叶和芽，会产生激素——生长素——它们在韧皮部里随着养分从茎部往下移动，集中到需要细胞快速生长的区域。在像我们这样的幼树中，这些地方就在根冠后及胚芽中，它们在种苗中开始显现出生命迹象。

生长素会从种荚往下移动到根芯，也会进入幼胚干，但它们并不会平均分布于各部位的细胞间。相反，因为它们是大分子，受到重力影响，所以集中于下半部，就好比沙混着水，在水平的管子中移动。接着，生长素的三项特性开始发挥作用。首先，适当浓度的生长素会刺激细胞分裂和生长，但浓度太高会抑制生长；其次，根部生长所需的生长素浓度远低于茎部所需的浓度；最后，阳光会降低生长素促进细胞分裂的能力。这三项特性合在一起，解释了为什么根总是往下长，茎却向上长。集中在根的下半部的生长素，其浓度高到足以抑制对生长素敏感的

细胞的分裂，因此，生长素含量较少的上半部就长得比下半部还快，于是根就会向下弯。同时，累积在树苗胚芽底部的生长素会刺激生长，但落在胚芽上半部的阳光会抑制生长，所以胚芽就向上抽。结果，种苗的根往下长，茎则朝向阳光上长。随着种苗的伸展，生长素的分布就变得更为平均，所以茎就变得笔直了。

植物激素有许多种形式。一种是吲哚乙酸，果农用它来喷洒果树，促进均匀生长。乙烯是另一种激素，被用来加速果实成熟。而合成除草剂2,4-D是另一种生长素，会杀死某些阔叶植物而保留其他植物。类似的生长素2,4,5-T则含有二噁英，这种化合物会导致人类流产、畸形儿和器官病变。2,4-D和2,4,5-T混合后的物质被称为橙剂。

数个世纪以来，自然哲学家一直在苦思生物和无生命物体之间的差异。生命和非生命之间有什么区别？我们都已经知道，生命是由无生命的分子凝聚而成。生机论者相信，生物体中有某种生命力，某种实体物质让无生命的东西具有生命，而死亡时这些物质就跑走了。他们称活生物的重量，杀死生物，然后再称，企图证明生命力是一种物质，可以被查明。事实上，空气经常被联想成活力，因为没有空气就没有生命。英文中还存在这样的感觉：inspire是吸气，但也有鼓励创造的意思；expire则兼有呼气和死亡的意思。

早期的化学家认为，生命的基础是蛋白质、核酸、脂质和碳水化合物的分子——都含有碳。他们假设只有生物才能制造这些复杂的碳基分子，这个假设一直到一八二八年才被德国化学家弗里德里希·韦勒推翻，他用铵和氰酸盐合成了尿素，一种存在于尿液里的有机化合物。几年之后，他的学生赫尔曼·科尔贝则制造出另一种有机化合物——乙酸。显然试管化学可以复制生命的化学反应过程。

当艾萨克·牛顿爵士（一六四三—一七二七）在光学和万有引力上的研究，引起物理学革命时，他把宇宙视为一个巨大的机械结构，一座大型时钟，科学家可以通过分析各个零件的方式来探索。他开创了新的科学方法论，称为还原论。根据这种方法的假设，对大自然一点一滴的研究成果，可以像拼图游戏一样，最后拼出全貌，解释宇宙的运作方式。还原论在取得及检验来自大自然的信息上，是个有力的工具。但是当科学家研究过生物的一部分后，他们发现部分本身也是由部分——分子——所组成，而分子又由原子组成，最后，原子由夸克组成，（到目前为止）夸克是所有物质无法再分割的结构。在夸克层次上，生命和非生命根本无法区别。这个最基础的结构并不能让我们了解发育、分化或

意识的出现等复杂过程的全貌。现代生物学和医学继续采用还原论的假设进行运作，检验各种片段，他们相信最后可以将其拼凑起来，解释整体。

生命本身就是还原论的反证，它证明了整体大于个体的加总。还有，生命从非生命中的出现显示，如果物质的终极粒子里没有生命力或活力存在，那么生命必然是来自非生命各个部分的集体相互作用，一种产生呼吸、消化和繁殖这类突现特质的协同作用。

神奇的真菌

“我们现在要谈一谈，”大仲马于一八六九年在《美食词典》里写道，“美食家们心目中最神圣的食材，在说起它的名字时，他们都要轻触帽檐向它致意——它是*Tuber cibarium*、*Lycoperdon gulosorum*，也就是松露。”

他接着谈道，要写松露史，免不了要涉及文明史。这就是他接下来所做的事。罗马人已经知道松露了，他说，但希腊人更早之前就开始吃从利比亚传入的松露了。似乎松露的热潮从未退过。当英国日记作家、《林木志》的作者约翰·伊夫林于一六四四年到法国旅游时，他在多菲内省那站的游记里写道：“（在其他美食之中）一盘松露，令人回味无穷，这是某种地果，用训练过的猪去找，可以卖出极好的价钱。”

大仲马所说的*Tuber cibarium*其实是真正的美食家口中的松露，但他所谓的*Lycoperdon gulosorum*更有可能是芽状马勃，多节，常常被误认为松露，幼嫩时可食用。母猪挖出松露之后（只有母猪能接受这种训练），这种蘑菇状的东西不是与鹅肝混合，做成鹅肝派，就是以各种诱人的方法烹煮。松露不只是一种时尚，在欧洲，也已经成为法国文化优越性的象征。而且有人认为松露具有壮阳效果，直接和着生蚝吃。“时髦的好色男人，”一名十五世纪的意大利名流写道，“在做爱之前吃松露开胃。”事实证明，松露的确可以刺激性欲，至少对母猪有效：现在人们已经知道它们所含的雄性激素，即雄甾酮，是一般公猪的二倍，因此，当母猪用鼻子把松露挖出来时，它们大概觉得要翻云覆雨一番，而非饱餐一顿。

子实体具有强烈的雄性激素的味道，这是真菌繁殖策略的一部分。松露里塞满了孢子，当孢子做好准备被释放到空中时——这对长在地底下的生物而言是高难度的技巧——松露就释放出雄甾酮信息素，而森林

里的熊、豪猪和老鼠等雌性动物，不必受到训练就会跑来，把松露挖出来吃掉，然后把孢子排泄出来，孢子有坚硬的外壳保护，能安然通过动物的肠胃，不被消化掉：释放完成。

到了十九世纪末，普鲁士国王要真菌学家哈奇想办法在国内种松露，以对抗自法国进口的野生松露。哈奇像古生物学家挖掘一堆错综复杂的骨头一样，仔细地挖掘地底下的真菌系统。他发现真菌的亲代并不只是长在土壤里，它们还把自己附身在附近大树的完整根系上——在本例中，主要是栎树。真菌和树根其实是互相长在一起，看起来几乎就像是单一的生物。哈奇称这种复合生命体为菌根，这个字的原文是真菌和根的意思。他仔细思考了这种特殊合作的性质。除了松露和其他食用菌之外，人类和真菌的关系一向是敌对的。我们将之和腐烂与疾病联系在一起，而事实上也是如此。除了像香港脚、酵母菌感染和头皮屑等由真菌所造成的小毛病之外，有的真菌还是三种肺炎和一种脑膜炎的元凶。而植物的许多病也是由真菌入侵造成的。我们的直觉认为，植物的根被真菌“感染”之后将会生病和死亡。但在菌根的安排方式下，双方互蒙其利。

十九世纪八十年代，法国科学家路易·亚历山大·芒然延续哈奇的研究，芒然的兴趣在于植物呼吸和根部发育。芒然观察到，某些真菌似乎和特定植物有特殊的亲和性。有些真菌只在树根上被发现，有些则似乎喜爱草本植物。几年后，另一名法国植物学家贝尔纳·诺埃尔在研究兰花的繁殖时，让菌根关系往前迈进了一大步，他断定，所有的兰花都靠真菌提供养分——换句话说，在地球上这个最古老的植物家族中，菌根关系是不可或缺的，因为如果没有真菌这个伙伴，兰花就会枯死。

现在人们相信，几乎所有的菌根关系，如果不是不可或缺，那么就是一种常态。不需要真菌伙伴的植物种类很少，有真菌伙伴的植物则长得更好。有化石证据显示，这种相互依赖的关系，在四亿年前就存在了，就在第一群入侵陆地的植物中。克里斯·马泽尔写道：“事实上，陆地植物可能源自海洋真菌和能进行光合作用的藻类的共生体。”因为登上陆地的海洋植物没有自己的根，它们必须利用真菌来获得足够的水分和矿物质，才能在干燥的陆地上生存。而对真菌来讲，它们需要植物进行光合作用所产生的食物。

真菌大约有九万种，它们因为没有植物所拥有的叶绿体，所以无法自行制造食物。然而，它们还是需要糖这种形式的能量才能繁殖，于是菌根真菌就入侵活植物的根部，从寄主植物那里摄取糖分。事实上，它

们所摄取的糖分非常多，足以扩展成巨大的面积。如果故事就是这样，那么真菌就是寄生生物，而树最后会死亡。但真菌以互惠原则换取利益，为了回报从树那里所拿到的糖分，它们庞大的菌丝网络为树木根系提供在矿物基质里根系吸收不到的水分和养分。

树定着在最初种子掉落及根所长出来的地方，其命运就固定在单一的落点上。此后，树就无法逃避掠食者和害虫，无法到其他地方寻找食物，也无法迁移到气候更温和的地方。其扩张的根系，必须找到水分和溶解的养分，同时还要支撑不断成长的树身，以抵抗风、雨和洪水。根的效率视它们穿入土壤的距离以及和地下物质接触的表面积而定。真菌菌丝所形成的垫子大幅提升了树所能探索到的土壤量。它吸收水分并传给树。菌丝还比树根更善于吸收土壤中的关键养分，诸如磷和氮，它们用这些养分和树换取糖分。它们会分泌酶，分解土壤中的氮，有时甚至还会杀死昆虫，吸收昆虫遗体中的微量元素，然后传给树。

真菌和兰花的关系是内生性的，这表示真菌实际上是侵入并长在兰花块茎的细胞里面。和真菌具有内生菌根关系的植物将近有三十万种，但真菌的种类只有一百三十种。真菌和树的关系是外生性的，因为名为菌丝体的菌丝复杂网络形成一张覆盖物，包在根的外头，就像一层纱似的，并且填补根部皮质细胞间的空隙而不穿入它们，形成所谓的哈蒂格网。诚如乔恩·卢奥马在《隐秘的森林》中所说的："真菌学者现在相信，菌根真菌能有效地让树根和土壤的接触区域增加一千倍以上。"而在这个区域里，菌丝的量极高。一公升来自菌根体的土壤中含有长达数千米的紧密分布的菌丝。只有大约两千种植物是外生菌根的，但与它们合作的真菌约有五千种。

菌根真菌提供极大的复原力给寄主树，使其能够面对干旱、洪水、高温、贫瘠土壤、低氧和其他可能的压力。研究显示，真菌甚至会保护树木免于被其他可能有害的真菌入侵，例如，当赤松接种了菌根真菌卷边网褶菌之后，卷边网褶菌会产生一种抗菌的毒菌素，让此树对镰刀菌根腐病的抵抗力增强一倍。真菌让供应其糖分的树保持健康、快乐，因而它能继续摄取糖分。

和花旗松发生外生菌根关系的真菌有两千种以上。一棵树上可能有许多种不同的真菌附着在根系的不同部位，尤其是在根伸展到不同类型的土壤中时。有些真菌只和特定的树种合作。例如，乳牛肝菌，是一种红棕色的菇，几乎只长在花旗松下面。这种菇可食，虽然在产季末期会变得有点黏黏的。紫蜡蘑也是花旗松下的一部分，虽然也见于松树或其

他木本植物下面。



菌根真菌

植物和真菌间，关系最罕见的可能是水晶兰和附着在其根上的牛肝菌。水晶兰是一种开花植物，生长在北美洲各处的湿润林地上，包括太平洋西北部——我们这株树附近就有好几棵，它们淡粉红色的茎和弯曲的头部，从林表落叶层探出，好像一只只苍白而伤心的虫子。因为它们本身没有叶绿素（成熟时转为黑色），所以便无法产生糖分给自己和菌根伙伴使用，然而牛肝菌还活着。原来是附着在水晶兰根上的真菌同时也附着在附近针叶树的根上，例如花旗松，牛肝菌从针叶树中吸出养分并直接传给水晶兰。没人知道水晶兰贡献出什么东西给牛肝菌或花旗松。它可能毫无贡献，果真如此的话，那么这是自然界鲜少见到的免费午餐。

来自肥沃的土壤

观念和树一样，需要有肥沃的土地生长，然后，成熟所需的时间，几乎与花旗松一样长。十三世纪上半叶期间，欧洲在神圣罗马帝国皇帝腓特烈二世的谕示下，开启了科学思想革命。在黑暗时代，古希腊的作品已经流失或被教会所禁，而罗马思想家对科学学习上的进展，贡献极微。在腓特烈二世的统治下，希腊文本又再度被发现，译成拉丁文，供愈来愈多的识字民众研读。这些作品包括亚里士多德、欧几里得、托勒密、阿基米德、狄奥克莱斯和伽林的作品。他们还研读并讨论阿拉伯的药学、天文学、光学和化学作品，主要是靠拉丁文翻译。在罗马教会的压制下，一千二百多年来，教会所允许的“科学”文本主要是拼拼凑凑的百科全书和药典，像迪奥斯科里季斯那本一样——列举了许多从未在地中海北部见过的药用植物。在十三世纪期间，自然科学突然爆发，成为流行思潮。

在腓特烈二世的统治之下，大阿尔伯图斯是广受尊崇的学者，当时，炼金术和占星术为可以合法研究的科学，他在宫廷中被尊为魔术师。他的著作《草木志》于一二五〇年出版（正好是腓特烈二世过世那年），是《植物志》的评注，而一般相信，《植物志》是特奥夫拉斯图斯对亚里士多德作品的汇编。大阿尔伯图斯的作品生动描述了希腊人不知道的本土植物，里面还有一些与原著作者看法不同的由他亲自观察得来的资料。他推崇好奇心和经验，认为这是科学研究的两大支柱。他解剖树木，宣称汁液是以特殊的管子从根部被运到叶子的——就像血管，他说，但没有脉搏。

当大阿尔伯图斯于一二八〇年去世时，腓特烈二世已经死了三十年，而爱德华一世是英格兰国王。在爱德华一世的统治下，英格兰最有成就的科学家是罗吉尔·培根，他大约生于一二一四年，并于一二四〇年拿到牛津大学硕士学位。毕业后，他成为方济各会的成员，有一段时间在巴黎教授亚里士多德的著作。

培根和大阿尔伯图斯一样，赞扬他所谓的“实验科学”的价值，即对自然现象的实质研究，而非仰赖抽象推理或接受他人的智慧。而且他和达巴诺一样，驳斥权威，因而和教会爆发冲突——晚年他被自己所在的方济各会监禁于巴黎，罪名是“可疑的奇技淫巧”和“危险邪说”，这些思想或许是来自他所敬仰的阿拉伯哲学家阿威罗伊斯，阿威罗伊斯在亚里士多德的基础上宣扬普遍理性的思想，但否认人的灵魂可以永生。但培根让欧洲又往前迈进一步，脱离黑暗时代，不再盲目信奉教条，不论是

宗教上或科学上的教条。“因为作者发表了许多论述，”他坚称，“所以人们竟透过推理而非自己所建构的经验就相信他们。他们的推理完全是错的。”

就在我们这棵树首次尝试性地探入土壤的同时，科学界也开始以新方法来探究神秘的大自然。

从地下长出来

在夏季温暖的土壤里，这棵树的嫩根建立自己的外生菌根关系，茎则开始摇摇晃晃地向上长。种皮并未完全脱掉，戴在头上，就像一战时飞行员的头盔。植物的茎节刚开始出现，最后这里会长出针叶，但现在还要靠储存在胚乳和子叶里的淀粉提供能量。当储存的能量用尽时，胚乳很快消失，接着茎必须长出针叶，以维持对根部和真菌伙伴的食物供应。

茎的内部结构和根非常类似（木质部和韧皮部被包在表皮里面），除了茎的外层不能渗透，而根的外层必须能够渗透之外。这种外层是树皮，尽管还只是生命初期的单薄、浅灰色、纤细的树皮。成熟的树基本上是死心材，外面包着十到十五年寿命的活边材，装在一层被称为形成层的活组织里。当新管胞在内树皮下形成时，老细胞就会死亡，而树的直径也会变大。可以想象一下蜡烛被热蜡愈滴愈厚的情形。对树而言，新一层的热蜡就是形成层，冷却的那层蜡就是心材，也就是早先生长的那几轮。如果我们在这棵树十米高时钉上一根钉子，那么当树完全长大时，这根钉子和地面之间的距离将还是一样的。树从顶端长高，而干身只会变粗。这时，树都是活体，包括所有的形成层、边材和树皮，除了死掉的心材之外。水分从根部经过木质部的管胞顺着茎向上移动，当第一片针叶长出来开始进行光合作用时，淀粉（浓缩的糖）会通过韧皮部的筛胞顺着茎往下移，在根部被储存和使用。

和所有的树一样，我们的小花旗松的木质部细胞是由细胞核和包围它的厚壁纤维素构成的，它们在茎部的轴心往上升，就像一把分开的塑料吸管。纤维素是一种多糖体，由单糖葡萄糖分子重复组合而成。纤维素在原生质体中形成时是软的，但碰到细胞壁之后就变硬了。这是已知的最丰富的有机聚合物。所有的植物都有纤维素，甚至连某些真菌的菌丝壁也有。纤维素也是天然纤维中最强韧的，比丝质、筋腱，甚或骨头更抗压，也更不易消化（草食性动物知道）。其强度一部分来自每个分子内部和平行分子间的氢键。事实上，纤维素是如此紧密地结合在一

起，以至于如果没有植物生长激素来打破键结，那么新的纤维素分子也就无法依附在它们的内壁表面上，而树也就无法生长。

另一个组成细胞的成分是木质素，它是第二丰富的植物聚合物，可以提升细胞壁的韧性和强度。当植物第一次入侵这片土地，有些开始在同类植物之上生长时，它们的茎部细胞壁只由纤维素构成。当它们长得更高时，有许多会被风吹折或因自己的重量倒下来；而没被折断也没倒下来的，通过某种未知过程，得到了木质素，其在细胞壁里的作用相当于钢筋混凝土里钢筋发挥的作用。最后，只有具有木质素的植物才能存活产生后代。现在的木材约含百分之六十五的纤维素和百分之三十五的木质素。

木质素由三种芳香醇聚合而成——香豆醇、松柏醇和芥子醇，填满了细胞壁里尚未被其他物质占用的空间，甚至还会把水分子排开。因此，其形成了一种非常强的抗水网，把细胞壁所有的元素像水泥般黏结在固定位置，为木质部提供强度和硬度。它还为树提供防止真菌及细菌感染的重要屏障。当树被病菌入侵时，它会用一道木质素墙把受感染的区域隔开，让病菌无法扩散。木质素是非常顽强的，以至于在纸浆厂中，消除木质素的程序非常昂贵。分解制浆木材里的木质素所需的酸是这种工厂排放到环境中的主要污染物。

在我们这棵幼树的顶端附近，有五片子叶像绿色伞骨一样从茎部撑开。它们是这棵树最初的针叶。在顶端，它们与茎相连的地方，有个圆形突起，称为顶端分生组织，新芽由此生长。分生组织有一系列的小突起或节点，而每个节点将形成一组新叶。起初，节点紧密地挤在一起，但随着分生组织里的细胞渐渐分裂扩大，节点之间的距离也跟着拉开。某些节点上会出现侧芽或腋芽。这些芽最后会长成枝条，而每根枝条尖端，将各有其顶端分生组织。在栎树或枫树等硬木树中，每个叶节点上面都有腋芽，但在花旗松和其他软木树中，节点非常密，节间距离只有二毫米，所以只有一小部分的节点才会有芽出现。每个芽都是微小而紧密的小苗，由胚叶、节点和节间所组成，处于休眠状态，随时准备着接受来自根部食物的刺激而开始发育成枝条。

它的子叶由不规则的茎支撑，在顶端像扇子般张开，花旗松现在看起来宛如一株小棕榈树。但麻雀虽小，五脏俱全，其每个分生组织里的细胞都发狂般地分裂、扩大，而其种叶已经开始进行终生的光合作用。

现在，整棵树里有很多细胞，每个细胞各自执行其独特、被预先分

配的任务。对植物和动物而言都一样，多细胞性提供了在单一的生物里发展多样性功能的机会。正如我们所看到的那样，多细胞生物基本上是一群更小生物的集合体。然而这种多样性表现出了生物学上的一个悖论。这是如何发生的？有丝分裂或细胞分裂的过程，确保所有子细胞的基因的组成完全相同。如果细胞和组织形态的发育和分化系在基因的控制之下，那么产生差异的机制是什么？

通过一系列精巧的实验，分子生物学已经证实，受精会把亲代的染色体结合成基因组，然后通过一次又一次的细胞分裂，忠实地复制基因组。受精卵的基因组可以被视为一套蓝图，指导各个细胞都依不同角色正常运作，而最终形成一个个体的过程。然而，一套DNA蓝图，对任何一个细胞而言，要完全解读是太庞大的。于是，当细胞进行分裂时，每个子细胞会接收分子讯号，依照指示只去读蓝图的某个特定片段——例如，根系产生的那一段。但告诉特定细胞去读什么的讯号又是什么呢？我们能操控这个讯号吗？最近有一项发现，哺乳动物的干细胞是“全能性的”，有能力分化成任何种类的细胞，当我们更了解那些细胞讯号时，这也许会促成肢体，甚至整个器官失去后的再生应用。

光照下的叶子

光合作用是一种过程，让地球上得以存在多元而丰富的生命。植物从太阳那里得到能量，从土壤中得到养分，虽然这些并非秘密——莱奥纳尔多·达·芬奇在其《手稿》中正确地写道，“太阳把精神和生命授予植物，而地球用水分滋养它们”——但了解这个过程是如何运作的，是相对近代的发展。一七七九年，荷兰植物生理学家扬·英根豪斯发表了他的不朽作品，标题为《植物实验，发现它们在日照下有净化普通空气的巨大力量，在遮阴处和夜间则会浸染空气》。他一直在追踪英国伟大的化学家和神学家约瑟夫·普里斯特利的实验，普里斯特利是许多宗教文章的作者，也是氧气的发现者。普里斯特利于一七六六年开始研究“易燃的空气”。到了一七七四年，他认定植物能够供应“脱燃素空气”，后来被定义为氧气，它能将一种因燃烧或腐败而不适合呼吸的气体还原，或是加以净化。

这些有关植物对人类生命重要性的早期认识，让英根豪斯非常着迷，于是他从荷兰迁到英国，以便更接近普里斯特利和那一群与他志同道合的实验化学家。他在自己的实验中，发现植物只有绿色的部分才会产生氧气净化空气，而且这些绿色部位所移除的碳，并非如先前大家所以为的来自土壤，而是来自空气。他了解到动物和植物间的互惠现象，

一个吸入氧气、呼出二氧化碳，而另一个把空气中的二氧化碳除掉，重新添满氧气。他身为医师——在荷兰研制出疫苗以对抗天花，并于一七六八年亲自为奥地利王室做预防接种——以其所了解的关于植物功能的新知识来协助呼吸疾病患者，白天将他们置于充满绿色植物的房间，晚上当光合作用停止时，则以他自己所设计的设备来产生纯氧，取代植物。

针叶树的叶子就是这种设备。常绿针叶和落叶树的叶子虽然构造不同，却含有相同的成分而作用相近。它们的形状各不相同，因为环境造成它们对效率的要求不同。落叶树和常绿树的优势很难用一个普遍的通则去界定。两种树都存在于各种不同的环境中。但大致上来说，落叶树适应较低纬度地区季节性干旱的气候，或有着长而严寒的冬季的气候，每年秋天落叶，春天再长新叶，如此所消耗的能量少于让叶子度过长期的零下温度所消耗的能量。而针叶由于表面积小，水分蒸发比阔叶少，因此在阳光充足、干旱期长的环境里表现良好，一如地中海周围和北美洲的西部坡地的情况。

阳光太多会阻碍光合作用，而花旗松是林冠树种，这表示其上部枝条可照到非常多的阳光。其圆锥状的树形也确保每一层新枝条不会遮住下面的枝条。针叶也比阔叶更能抖落积雪，因此树枝折断的危险较小。而针叶所含的汁液较少，这表示它们更耐寒。一株成熟的花旗松也许会有六千五百万枚针叶，它们一直运作，但没有一枚针叶会照到过多的阳光。

一般树叶一季之后就掉落，针叶则不同，大多数都能在树上存活二到三年——有些常绿树，像是猴谜树，其针叶可以在树上活十五年；狐尾松的针叶则能活五十年——因此这些树有较长的时间来储存换新叶的能量，而且针叶会制造更多的能量。由于针叶常年保持在树上，即使在冬季的月份，在光照和温度都降到非常低的水平期间，针叶树依然可以不停地进行光合作用。在德国进行的一项研究，比较了落叶树山毛榉和针叶树挪威云杉所制造和储存的能量，研究发现山毛榉一年进行光合作用的天数是一百七十六天，而挪威云杉是二百六十天。即使云杉的叶子总表面积较小，云杉的生产力也比山毛榉高出百分之五十八。

花旗松的针叶是扁的，横剖面为矩形，由表皮构成，表皮里面可以发现光合作用细胞。落叶树的叶子和一些针叶树的针叶，包括花旗松，都含有两种细胞：附着于表皮里面的栅状叶肉细胞，以及松散分布的海绵状叶肉细胞。在花旗松上，位于针叶上表皮的栅状细胞保护海绵状细

胞不会照到太多的阳光。针叶表皮上的洞，称为气孔（stomata），由两枚保卫细胞控制开合。希腊文stoma是喉咙的意思（英文stomach“胃”是误用）。一枚阔叶，例如榆叶或枫叶，有数百万个气孔，它们通常位于叶子的背面；某些栎树叶，每平方厘米的表面就有十万个气孔。花旗松针叶上的气孔较少，但也是位于背面。保卫细胞表现得像嘴唇，它们依据针叶里水分的多寡而膨胀、收缩，从而控制从气孔进来的二氧化碳量及扩散出去的氧气量和水蒸气量。

树可以把大量的水分升起并蒸发掉。亚马孙雨林里的一棵树每天能升起数百公升的水。雨林的行为就好像绿色海洋，蒸发水分向上“下雨”，宛如地心引力反转似的。接着，这些被蒸发的水汽以巨型蒸汽河的方式流遍整个大陆。水凝结后，变成雨水落下，再由树拉上来。水上上下下向西移动，平均要进行六次，才终于碰到安第斯山脉的实体障碍，变成地球上流域最大的河流，再流回大陆各地。同样，印度尼西亚有一亿一千四百万公顷的热带雨林（它是全世界第二大森林国家，仅次于巴西），是亚洲水文循环的关键部分。森林在全世界各地不断补充地球的淡水供应，并在气候及气象上扮演重要角色。

植物也是丰富的分子来源，数千年来人类已经学会了如何运用它们。一八一七年，两名法国化学家——巴黎药学院药物自然史的助理教授皮埃尔-约瑟夫·佩尔蒂埃，以及研究生约瑟夫·别奈梅·卡文图——正在研究生物碱和植物着色剂。他们除了发现了马钱子碱、奎宁和咖啡因之外，还确认了树叶里的绿色色素是一种化合物，他们将之命名为叶绿素，这个词来源于希腊文的“黄绿色”和“叶子”。虽然他们当时并不了解，但他们已经分离出了使光合作用成为可能的化合物。

叶绿素由五种元素组成：四种生命基本元素——碳、氧、氢和氮，加上第五种——镁，一种来自土壤的金属元素，几乎对所有生物来说都不可或缺。例如，人类一天要消耗二百毫克的镁（靠吃植物或草食性动物），以维持骨骼和血液的健康。让叶子和针叶显现绿色的物质是叶绿素里的镁。叶绿素分子吸收阳光中的红色和蓝色成分，但不吸收绿色成分。当光从植物反射出来时，我们看到的是未被吸收的绿色光。我们之所以活在绿色的世界里，是因为我们的土壤和植物含有镁。

唐纳德·卡尔罗斯·皮蒂在他的书《花满地球》中回忆，他在就读哈佛大学植物系时，是如何学习从长在哈佛古老建筑物外的常春藤叶子中萃取出叶绿素的。他和同学先把叶子煮过，然后置于酒精中，叶子就失去了颜色，酒精则变成绿色。接着他们用水稀释酒精并加入苯，溶液就

分离了，黄色的酒精在底下，而浓稠、绿色的苯漂在上面，像一池绿藻。“你只要小心地把后者倒进试管，”皮蒂写道，“就可以得到叶绿素的萃取物，不透明、微微晃动、浓稠、有点黏、油油的，而且有味道，很腥，像割草机于雨后草地上除草后刮刀上的味道。”皮蒂做了光谱分析后，发现组成叶绿素分子的成分竟让他有种怪异的熟悉感。“身为一个植物学家的学徒，一个未来的自然学者，”他写道，“有件事让我心跳加速。这件事就是叶绿素和血红蛋白，我们血液的精华，竟然如此类似。”这不是异想天开的比较，而是踏实的科学类比。“这两个化学结构式的显著差异是：每个血红蛋白分子的轴心是一个铁原子，而叶绿素是一个镁原子。”就像叶绿素因为镁吸收了绿色以外的所有光谱，所以是绿色；血液之所以为红色，是因为铁吸收了红色以外的所有光谱。叶绿素是绿色的血。它被设计用来抓住光；而血是被用来抓住氧的。

海绵状细胞里有许多小小的封包，即叶绿体，而每个叶绿体里，还有一些更小的封包，称为叶绿体基粒。叶绿体由一层一层叶绿素和脂肪蛋白交替排列而成，悬浮在液体酶和盐溶液里。每个叶绿体就好像效率非常高的光伏电池一样，抓住太阳能，用太阳能把空气转化为食物。叶绿体可以抓住几乎无限的太阳光以取得所需的能量，把二氧化碳和水转化为糖。随着能量被绑在葡萄糖的键结中，糖分子可以被储存起来，以备未来随时可以合成这些高分子的建构基础：脂质、淀粉、蛋白质和核酸。

皮蒂问道：“叶绿素这古老的绿色炼金术士是如何把地球上的废料转变成活组织的？”水从根部通过附在茎上的木质部进入针叶，并渗出到海绵状细胞之间。二氧化碳透过气孔被吸入针叶。当一个太阳光子打到叶绿体时，每个叶绿素分子会射出一个电子，这个能量把分子激化，然后分子以此激发态来执行化学反应。事实上，一系列的反应在瞬间发生，被射出的电子所释放的能量把水分解成原来的构成元素，氢和氧。二氧化碳也被分解成单独的元素。然后被释放出来的碳、氢和氧重新结合形成碳酸，随即变成甲酸——和蚂蚁螫人时所分泌的化合物相同。甲酸又变成甲醛和过氧化氢，它们随即又被分解成水、氧气和葡萄糖。有些葡萄糖接着再转化成果糖，立即供树使用，其他的则被压缩成淀粉，传送到根部储存以备将来使用。氧气和水蒸气通过气孔以呼气和蒸发的方式排出。这个过程最后形成的其他产物还包括氨基酸（蛋白质的基本成分）和多种脂肪及维生素。

这种化学作用需要光，而所有的光皆来自太阳，虽然太阳离地球一

亿五千万千米，但它以每秒二十一万五千万亿卡路里的惊人速度把能量传到地球。这些能量大部分未曾涉及光合作用——大都落在沙漠、山坡、极地冰山，或我们暴露的皮肤上。但这就足够了。只要有百分之一的能量被用于植物，就足以保持整个地球的生命力。

蝾螈烧得发亮

在我们这棵树以及附近的蕨类植物、羽扇豆和柳兰遮阴下的低矮处，一只西部红背无肺螈于寻找虫子的途中，停下来侦察溪畔是否有掠食者或潜在的交配对象。这是在花旗松附近所发现的二十一种蝾螈中的一种，这只西部红背无肺螈是一只长而光滑的黑色雌螈，它的背上有一道像毛笔画出来的明显的赤铜色线条，直到尾部，腿部上端也有。它的腹部灰白，带着黑色和白色的斑点，当它在黑暗中等待时，它的肋骨一胀一缩像一个风箱。西部红背无肺螈是一种无肺的两栖动物，这表示它不是用嘴来呼吸，而是直接用皮肤来吸收氧气。要达到这个目的，蝾螈已经演化出了一种多孔的表皮，以至于经常有脱水的危险，这也是为什么它们只在阴湿的小气候里才被找得到。它们的皮肤就像我们肺部的内里一样纤细而脆弱。

其他的北方无肺蝾螈，诸如乌斑攀螈和埃氏剑螈，更喜欢藏身于老熟林地表的腐木中心，那里有丰富的可食的跳虫，湿度也很稳定，即使在大火中亦然。但西部红背无肺螈较常被发现于空旷处和火烧过之处，通常是面西的碎石坡，在那里土壤中含有沙砾，日照较少，有一些低矮的叶子作为保护，而且有水。所有的蝾螈都是冷血动物，这表示它们的体温会随着四周物体的温度而改变——空气、石头和腐败物。比起其他种类的蝾螈，西部红背无肺螈喜欢稍微温暖一点的地方。

这种蝾螈的活动范围很小，只有两平方米，而它似乎也不担心保护地盘的问题——这一地区森林的蝾螈密度颇高，每公顷将近八百只，因此，严格的地盘保护策略将会消耗大量精力。大多数时候，它会避开腐木，在腐木中它可能会碰到其他蝾螈，而当它进到腐木中时，它会尽量待在靠近表面的地方，刚好在树皮下面，而不是深入腐木中心。它似乎喜欢剑蕨植物基部的洞穴。四月是它的交配期，六月它会把卵产在陆地上，而不是像水生蝾螈一样产在水中。它的小蝾螈将会从卵里出来，外表已经完全成形，像是它的缩小版。

全世界已知的蝾螈只有四十种，但它们分布很广。在我们这棵树的生长期间，蝾螈分布于欧洲、小亚细亚半岛和非洲是众所周知的。传说

中甚至还有火蝾螈。根据亚里士多德的看法，火蝾螈不怕火，它们非常冷血，只要走过火，火就熄灭了，他的话在当时还很有权威性。一直到十七世纪都有故事说，有人在他们的火炉里，看到蝾螈平静地栖息于燃烧的木头上。世人还认为蝾螈有毒。亚历山大大帝描述他有四千人和两千匹马在喝了一只蝾螈掉在里面的溪水之后，全部立即死亡。蝾螈爬过的树，其果实就会有毒。这些迷信也许有些科学根据，因为某些蝾螈会分泌出一种薄薄的乳状物质，它是一种神经毒素，吞食会致命，这也是大多数掠食者都不去招惹它们的原因。有人认为用蝾螈制成的披风可以防火，于是就有便服做给炼金术士或想当魔术师的人，例如教皇就有一件。唉，其实是浪得虚名。迪奥斯科里季斯把数十只蝾螈丢进火里想看看会发生什么，结果它们被烧得脆脆的。显然，需要更为仔细的观察。马可·波罗从一二七五年起旅居中国十七年，在此期间寻找这种动物，却一无所获。“传说中以蛇的形态活在火中的蝾螈，”他在一二九五年回到威尼斯时，在报告中说道，“我在东方完全看不到任何踪迹。”

虽然他没有见过火蝾螈，但他的确报告了一种产品，在钦赤塔拉斯地区，有一种称为蝾螈布的东西，以“取自山上之物”制成，含有“类似羊毛的纤维。这东西在太阳下晒干后，在铜钵中被敲打，然后一直被洗到土粒脱落为止”。做出来的羊毛接着再被纺成线，织成布，放到火上烧一小时，直到变为白色。“并且烧不起来。”他认为这种从矿物中取出的物质可能是蝾螈皮的化石。我们知道这是石棉。“据说在罗马保存着一张用这种物质做的餐巾，是大汗送给教皇的礼物，作为包装耶稣基督圣手帕的材料。”

我们现在知道蝾螈的染色体细胞含有的染色体DNA，是哺乳类动物（包括人类）的一百倍。没人知道这些多余的核苷酸有何作用，它们可能只是功能性DNA的复制品，即基因学者所谓的垃圾DNA。但一般而言，诚如亚里士多德所观察到的那样，大自然里没有任何东西是多余的。蝾螈仍然是个谜。

风从海洋上升起来，吹动了我们这株幼树上方沿着河床而立的年轻阔叶树的叶子。我们这棵树在它之后的生命里，必须抵抗风，风会摇晃、打击树冠，造成断枝的威胁，削弱其抓土壤的力道，扇起树底部的地表火焰，并把种子高高地吹到山上。暴风是决定大型森林形态和构造的第二大力量，仅次于火。未来五百年间，将会出现风速超过每小时二百千米的暴风，把数百万公顷的花旗松林吹倒。但现在，风是有益的力量。



无肺的蝾螈

第三章

成长

在春天，当温度升高到五摄氏度以上时，树冠部位分生组织的细胞会产生生长素，它们以每小时五到十厘米的速度往下散布到树干中，促进形成层的生长。

当最初不开花的蕨类林，

遮蔽了古老幽暗的潟湖时，

一阵模糊而无意识的长期骚动，

摇动着或金或绿的巨大蕨叶。

阿格尼丝・玛丽・弗朗西丝・鲁宾逊《达尔文主义》

火灾至今已过去了十六年。烧过之处不再是森林里的黑洞，而是一片鲜绿的植物，长得虽不及未烧到之处那么高，但显然已起死回生了。空气中的炭烧味早就消失了。有一年春季，雨量非常大，超过一千五百毫米，之后是干旱炎热的夏季，森林则长得非常茂盛。现在是初秋，看不见溪流从山脊流下，不过可以感觉到一道绿色光泽，流经林地中暗色的树干和盘绕的根部。森林依旧安静，但不像火灾后的死寂，而是蓄势待发的静。

北美乔柏和一些大叶槭、藤槭等，现在已经从火烧处长出，成为森林群落的一部分。沿着溪畔的一小段距离内，红桤木形成一道明显更黑亮的带子，蜿蜒穿过针叶林。成熟的四十年红桤木在空旷处可以长到二十四米，但就像现在遮住它们的花旗松一样，它们不耐阴，因此，在这座森林里活不久。在它们还没完全长高之前，较老的将会死亡，为林地留下一处暗色的空地，会显得有点单调。但现在，在地面上，它们平滑而接近白色的树干就好像昏暗矮树丛中的一束束柔和的光线。黑头威森莺、孤绿鹃以及冬季里的白腹灯草鹀，发现它们是昆虫、蜘蛛和种子的

可靠来源。

它们之所以被称为红桤木，是因为它们的树皮内层有红色色素。每年都有一户沿海萨利什人家庭会爬上火灾旧址，在溪边扎营住一到两夜。他们称红桤木为“优沙威”。白天，他们把树皮削成三角形的长条，小心翼翼地避免绕住树干，也避免伤到活的形成层，然后把这些三角形紧紧地绕成卷，拔营时，就带回海边的村庄。他们会把树皮内层捣碎，以释放颜色，把它和鱼油混合，再用这个混合物来装饰他们的乔柏树皮衣服和狗毛毯子。

萨利什人前面临海，后面靠山，他们知道如何在这两个培育区之间取得平衡，安全地生活。他们不太关心上和下、天和地，但他们对海岸和森林是知之甚详且经验丰富的。

晚上，在红桤木的营地里，家庭领袖教授各种树的特性和名称。西部铁杉的树皮可以做成棕灰色的膏，人们用它来染渔网，让鲑鱼看不见。北美乔柏被他们用来做独木舟、长屋、工具和药品。大叶槭的大叶子很适合做成装莓果的篮子。用棉白杨的叶子做绷带很好，因为它们被捣碎后可以黏在皮肤上。花旗松很轻，但非常强壮，是一种燃料树，它的树皮特别好烧，虽然会爆出许多火花，而其绿色的枝，可以拿到蒸汗屋去烧，以净化人类的心灵和思想。这位家庭领袖还讲故事——例如“洪水树”，就是神圣的浆果鹃，其先人乘着独木舟在大洪水中漂流，直到发现这些树可以栖身而得救。所有的故事都把陆地和海洋联系在了一起，而人也一样。

树萌芽

我们这棵树高八米，有十六层枝条从其圆锥状的主干辐射出来，底下的八层已经掉落。其基部直径为三十五厘米。树枝顶端新芽条的颜色比成熟的针叶淡，树枝基部有新芽。

但低矮的树没有枝条，因为最有利于树的生长的地方才长得最大：上面的全日照处和地底下。

花旗松和美国黑松及黄松等其他的针叶树一样，只要土壤的深度允许，它就会长出深入土中的中央主根，以支撑其巨大的上部结构，最后长得高耸入云。常绿树还有一张侧根网系，它四处散开，形成了树赖以生存的平台。有些厚一点的侧根会隆起在地面上，就像海湾里潜在海中

吃鲱鱼的灰鲸的背部。这些根暴露在阳光下的地方，会将叶绿素分布到树皮内层，产生局部的生长激素，帮助养分通过木质部往上传送。当侧根碰上相邻的花旗松的侧根时，两条根会结合在一起，有时是纵向的，有时成直角，形成一个单一的脉络单元，所以，每棵树都相互帮助，透过相连的韧皮部分享激素和淀粉。

美洲颤杨林采用一种不同的与根联结的方式。颤杨的树干事实上是从单一根系上长出来的。这是一种适应方式，可以让单一生物体利用不同的利基，从阳光充足而干燥的高地到低湿的谷底和河畔，因为透过根，位于贫瘠土壤的颤杨能够接受到来自位于肥沃土壤的颤杨的养分。这样的美洲颤杨聚落可以长到覆盖广大区域。犹他州有一丛颤杨林占地四十三公顷，总重约六千吨，将近是一棵大型巨杉的三倍，也是地球上最大的生物体之一。全世界最大的单一生物也许是在俄勒冈东北部蓝山中的针叶混合林里被发现的奥氏蜜环菌。它已经有八千五百岁了，覆盖面积将近十平方千米。

我们这棵树也通过与外生菌根真菌的合作关系，从其他树木的根部获得了好处。例如红桤木特别善于将空气中的氮去除，固定到土壤中——据记载，一年中每公顷红桤木可以固定高达三百千克的氮，足以供整座森林用二百年——然后氮被细菌分解，被真菌吸到其他树的根部，包括我们这棵树。作为回馈，红桤木根部淀粉的储量中有百分之十来自它们的邻居。通过种内和种间的联结，我们的树因为身为森林生态系统的一部分而获得好处，从而提高自己的存活概率。尽管红桤木非常有效率地将氮固定，陡坡和薄土壤上的豪雨还是会把大量的氮冲到河里，再流入海中。对所有的森林而言，限制生长的因素通常就是氮浓度。

四月初，树干和枝条上的分生组织中的细胞开始分裂，形成一层新的形成层，夹在外树皮和边材外部之间。这就是树的生长方式，在前一年的细胞层上面再添上新一层的活细胞。老细胞会死亡，成为心材的最外环，新的边材则接下大部分的运水工作。每一年，树的中心轴都会加上新的一轮。活树冠基部的轮比顶部的轮稍微厚一些，但树基部的轮更厚。结果，树干的外形一直保持圆锥状。树顶和最底层枝条部位所形成的圆锥角，比树冠和树基部所形成的圆锥角更尖锐。

在春天，当温度升高到五摄氏度以上时，树冠部位分生组织的细胞会产生生长素，它们以每小时五到十厘米的速度往下散布到树干中，促进形成层的生长。生长素会累积在前几年形成芽的地方，使细胞快速分裂，促进侧芽生长或腋芽生长，最后成为新的枝条。到了五月中旬，这

些芽开始冒出来，或胀开。小针叶像浸在绿色颜料里的画笔，从端点长出。这些芽有些会发育成新枝条，但今年，有些会发育成球果，而产生花粉、让卵子受精，以及散播种子的周期长达十七个月，它现在已经开始了。

将来要长成球果的芽，主要位于树顶附近一年大的枝条上。有些靠近枝条基部的会变成雄球，或称花粉球，而其他接近枝条顶端的，会变成雌球，或称种子球。直到七月中旬，我们才能弄清楚哪些芽会发育成枝条，而哪些会发育成球果。在十周大之前，它们看起来都好像要长成枝条似的，但枝条、种子球和花粉球这三种芽的不同生长形态的区别，会渐渐显现出来。到了秋季，预计要长成枝条的芽，长出了螺旋排列的叶原基；未来的花粉球，长出了呈螺旋排列的结构，看似突生的叶子，最后会变成花粉囊；而种子球的芽发育成了螺旋排列的原基，以后再长成具有花旗松球果特征的鼠尾状的苞片。

现在是九月了，这三种类型的芽都进入了休眠状态。然而，细胞分裂却在它们的内部进行，并且整个冬季，某些生理活动将持续进行，只是速度降低。未来会成为球果的芽，其内部进行的冬季活动比成为枝条者多；而成为雌球者进行的活动又比雄球多。有些活动将由光合作用推动。只要温度维持在五或六摄氏度以上，这棵树就会持续进行光合作用，以补充冬季的淀粉供应。但大多数时候，它会休眠，靠着夏季储存在边材和树叶里的能量来过冬，并供应春天来临时第一波发芽的能量。此后，在我们这棵树的余生中，这个过程将每两年进行一次。

随风飘荡

虽然针叶树看起来宛如从地上冒出来的电线杆一般，笔直地生长，但其实，它是以盘绕的方式钻离地面，就像一枚导弹那样旋转升空。用数学来表达这种生长模式就是“动态螺旋”，这解释了树干和树枝呈圆锥状以及树冠呈箭头形的原因。在树皮底下，木材纹理以螺旋状向上生长。于是，树干的形状就反映出树的形状，因为这二者都是以对数增长方式生长的结果：每年新的生长，不仅增加树的周长，还增加树的高度。这种基底周长和整体长度同时增长的螺旋模式，在许多自然事物中一再出现：大多数软体动物的壳、独角鲸和象的扭绞状的牙、玫瑰花瓣沿着中心生长的重叠模式等。贯穿太阳系的螺旋星系和人类单倍体细胞中的双螺旋缠绕DNA都是明显的例子。在针叶树里，球果的螺旋结构也是明证。

虽然植物和动物的外部特征和传输系统可能完全不同，但植物的性和动物的性几乎没什么差异，植物和动物都会将来自双亲的基因物质结合起来以产生子代。在针叶树中，雌球带着胚珠，每个胚珠含有一颗卵子。当来自花粉球的雄性配子使之受精后，卵子就会变成种子，它包含着一棵萌芽期的树和养分供给。

松树的球果没有花瓣，而是以螺旋状的方式，围绕着中心轴长出鳞片，因此没有任何一片鳞片长在另一片的正上方，而且，整个球体可以用蜡和松脂封起来，春季时可以渗出水分，夏季干旱期时则可以保持水分，等到了秋季适当的时机则可以散播种子。雄球长在树枝基部，为花粉球。它们比雌球小，发育也比较慢，雄球在第一年大部分的时间及冬季，都一直被包在芽鳞片里，其细胞则悄悄地分裂为五个细胞的粒子，到了二月，会在花粉囊里开始成熟。一直要到春季，即将释出花粉之前，球果才会打开。它们是等待中的授粉员，和蜂巢中的雄蜂一样，显然要一直等待，直到受召为雌性服务为止，一旦任务完成，就会死亡。雄球由一个中心轴和许多鳞片组成，每一片鳞片的基部具有两个花粉囊。雄球大都长在低处的枝条上，而雌球长在高处，因此，到了四月雄球在释放出花粉时，才不太可能向同一株树上的雌球授粉。反而，花粉会被风吹到附近树上的雌球那儿。

雌球远比雄球复杂。它们从二月开始生长，中心轴拉长，芽鳞片也随之长大。这时，雌球呈水平方向长在树枝上，但因为球体底部所累积的生长激素较多，所以底部的生长速度也就比较快，因而在芽体爆开之前，球体会弯转向上，到了四月，则呈直立状。每个苞片的基部都有一枚鳞片，每个鳞片基部则有两个胚珠。中心轴上的胚珠的末端有一个小孔，称为珠孔，这里就是最后长出新根的地方。用不了多久，来自雄球的花粉粒就会穿入这个开口，展开授粉之旅。

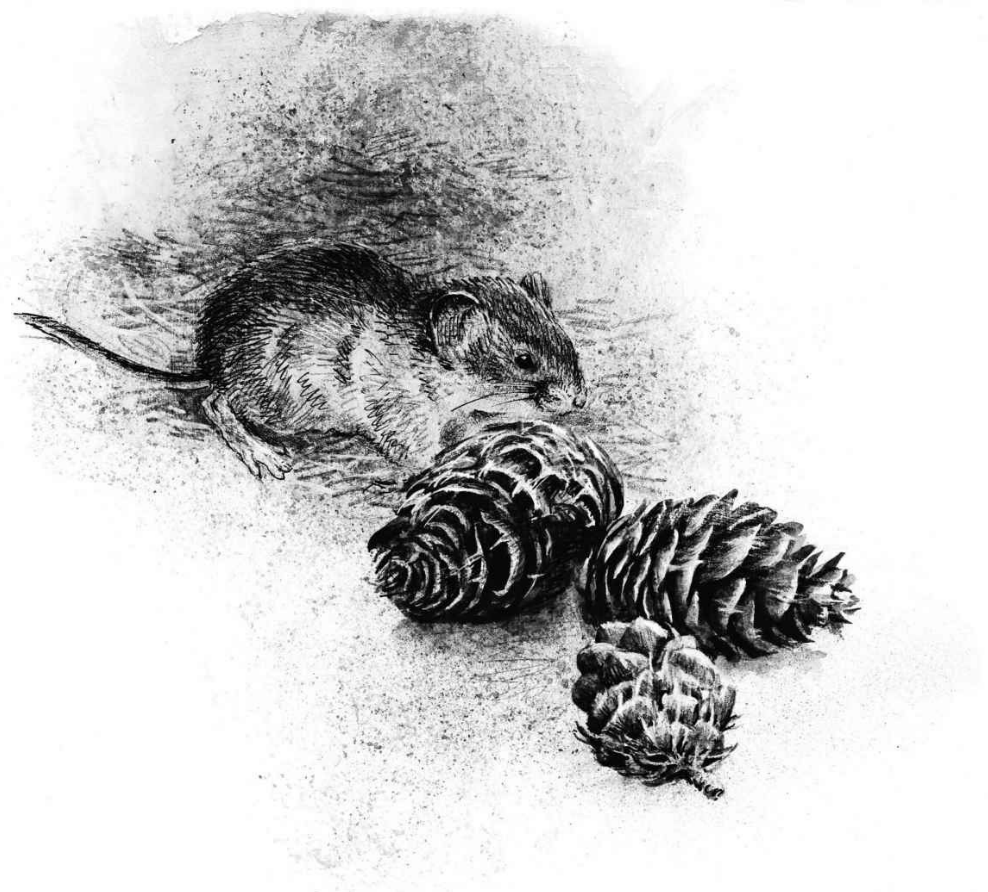
在三月，花粉粒已经完全发育，雄球开始变大。当其中心轴拉长时，新的生长会把芽鳞片推开，到了四月芽体爆开时，花粉就会从封闭的囊体里被释放出来。空气中充满了花粉雨。这时，雌球在树枝上笔直站立，其苞片张开，宛如一把把打开的小伞，以完美的姿势接收被风吹过来的像粉尘似的花粉粒。

风媒传粉是一个不受控制且没法把握的过程，一般认为，这是植物界里相当原始的传粉方式，因为无法控制花粉将落于何处。相比之下，昆虫授粉则有比较好的授粉概率，因为花粉黏在昆虫上，而昆虫会去寻找同种植物的其他花朵。事实上，许多种植物演化出吸引特定昆虫的

花，就是为了这个目的。但针叶树在会飞的昆虫出现之前，就已经发展出它们的授粉技术了。开花植物，即被子植物，却只有在白垩纪时期才演化出来，白垩纪大约结束于六千五百万年前，而在当时，裸子植物——针叶树、苏铁和银杏——已经至少存在了三亿年。

在二叠纪时期，树开始和蕨类有所区别，当时所能运用的花粉传播机制并不多。当时有水，但水在地上。当时有陆地动物，但它们也被局限在陆地上。树的生殖器官高挂空中，除了风之外，还有什么东西能够带着它们的花粉粒到处跑呢？繁殖兴盛的树种就是那些能够产生个个独立而又极为细小花粉粒的树，只要有一丝丝微风，花粉就能飘起来，大量散播，其中一部分花粉落到其他树的雌球上的概率，明显大于零。通常风媒植物所产生的花粉数量是个天文数字，它们在空中形成细雾，也为山中的湖面蒙上一层外衣。开花树，比如桦树和榛树，也是靠风。它们的每个花序能够产生高达五百万个花粉粒，而每棵树有数千个花序。这是一种霰弹枪式的传粉方法，但似乎还行得通。

这种方法当然比自花授粉好，也是一些后来的植物所采用的方法——例如大多数现代一年生的杂草。达尔文曾经指出“自然……厌恶长期自花授粉”。也许是因为他了解到，一如动物近亲繁殖的情形，长期自花授粉会使得物种弱化。厌恶自花授粉并不只是维多利亚时代的偏见而已，在大多数的人类文化里，也有近亲繁殖的禁忌，特别是针对兄弟姊妹间或是父母子女间的乱伦行为，有些地方禁止六代以内的表亲通婚，例如未与文明接触前的因纽特人文化。虽然许多社会道德规范缺乏科学上确切的解释或基础，但这个社会禁忌在遗传上有着正当的理由。



红背和冷杉球果

有性生殖所产生的生物体带着两组染色体，一组来自父亲，一组来自母亲，这样的生物体称为二倍体；而每一个带有一组染色体的精子和卵子称为单倍体。每个染色体携带了数百个基因，这些基因沿着染色体排列，像珠子一样连成一串。这些基因也会搭载于其他相对的（同源）染色体上。同源染色体上同一位置的基因，相互称为彼此的等位基因，二者也许相同，也许不同。例如，豌豆种子的颜色由一个基因的两种不同形式所控制，其中一种形式决定了黄色种子，另一种则为绿色。在任何一株豌豆上，这两个等位基因也许都是黄色或都是绿色，也有可能是一个黄色一个绿色。同一株植物同时带有黄色基因和绿色基因，其种子的颜色为黄色，因此，我们称黄色基因对绿色基因为显性，而绿色基因对黄色基因为隐性。人类和其他动物一样，如果个体所携带的等位基因都是隐性的，就会产生死亡、畸形或是其他缺陷性状。没有亲属关系的两个人所生的小孩，其染色体中决定任何一种性状的等位基因全为隐性的概率微乎其微。然而，双亲血缘愈近，这二人都带有同样隐性等位基因的概率就愈高，在高度近亲通婚的情况下，其概率会飙升——对一些

基因遗传疾病来说，患病概率会从千分之一跳升为二十分之一。连续近亲繁殖，一代接着一代之后，会进一步提高概率，很快就会产生一个群组，在此群组之中遗传到隐性性状的概率，就跟那些生下来即没有这项隐性性状的概率一样高。如果某种特定的遗传变异造成个体对环境适应不良，则会导致绝种；如果个体更能适应新环境或是改变后的环境，则这项变异就是有利的，能把更大的竞争优势传给个体。但达尔文注意到长期的近亲繁殖，很少会带来适应上的优势。

以前一度有人以为特别适应某一环境的生物会取代其他的生物，最终会消灭所有存活率不高的基因——换言之，这些个体在基因上将会变得愈来愈类似，或是具有同质性。二十世纪六十年代，由于分子技术已臻成熟，基因学者们便开始检视生物个体中特定基因的产物，以果蝇为例，学者们预期它们大多数的基因具有同质性。但令他们惊讶的是，证明刚好相反，在检验特定基因时，他们发现了大量不同的等位基因形态。这种多样性现在被称为基因多态性，而且成为强健、适应性良好的物种的特有定义。当生物种群比如孟加拉虎或大熊猫的数量低于某个特定数字时，这个种群就不具有足够的基因多样性以确保物种的健康——最后，这个物种的所有成员都具有基因上的关系，于是，所有的繁殖都成了近亲繁殖。

大量个体集中于狭小区域的物种，比如岛屿或非常小的生态利基中的物种，要保持基因多态性，也许和我们的直觉相违：为什么要选择一大堆多样性，而不专注于既有环境下最佳的等位基因组合？如果环境状况永远不变，那么这也许行得通，但在地质时间轴上，变化才是常态。现在的太阳比生命刚出现时，温暖了将近百分之三十；山脉出现而又弭平；海洋满了又空；冰河时代来了又走。然而生命一直存在，而且还更加繁盛。基因多态性可以确保在特定的物种中始终存在一个异质基因库，它提供大量的组合方式，其中某些组合可能比其亲代更能适应变化中的环境。

多样性可以提供弹性和适应力。大自然似乎建立在一系列的嵌套差异上。在每个物种里，有个体基因多样性；在栖息地里，有许多不同的物种；在生态系统里，有许多不同的栖息地；整个地球则有各种不同的生态系统。就是这种多样性，让生命在生物圈中具有弹性。正如人类学家韦德·戴维斯指出的那样，就适者生存而言，还有另一个“圈”里的多样性是同等重要的：人类圈。从北极地区的因纽特人文化，到亚马孙盆地的卡亚波人文化、澳大利亚的原住民文化和卡拉哈里沙漠的桑人文

化，数百个世代以来，全世界的人类文化都累积了可以使他们在各异其趣的环境中繁衍的所有知识。每一种知识的基础，都深植于对地方的了解，而这个地方，我们称之为家。把这些文化全都集合起来，它们所包含的知识，就形成了人类圈，它是人类想象世界的所有方式的集合，包括世界如何运作，以及我们属于世界的哪个部分。就如同生物圈中，生物多样性的所有水平，是生命永远存在于地球的关键一样；人类圈里的多样性，可以确保各种知识的分享得以延续，而这正是我们作为一个物种存在于惊人的多样性生态系统中的关键。

单一培养指的是，把单一物种或单一基因品系散布到广大的区域上，而排除其他的品系或物种，这是多样性的反义，会导致一个物种或一个生态系统容易受到变化的气候条件、掠食者、害虫或疾病的伤害——一如我们以极大的代价在农业、渔业及林业的经验中所学到的那样。只为了生长速度、大小和材质的考虑，去筛选个体，或在实验室里进行基因操作，而不考虑树种的周围环境以及经过演化与其相互关联的其他物种，这样是无法栽植成花旗松林的。生物学家威尔逊预测，在不久的将来会出现一种情形，所有可砍伐的树木皆被种植在“林场”，一如所有的食用鲑鱼皆来自养殖场，鸡来自养鸡场一样。结果丧失了基因多态性和物种多样性，这将会让地球上的整个基因结构，容易受到无法预测和无法控制的力量的伤害。二十世纪七十年代美国南方大量栽培的一个杂交谷物的商业品种，就几乎发生过这种灾难。一种变种真菌疾病在几个月内就把数十万公顷的作物一扫而空。

风媒方式也许原始，却还可以让基因多态性永续长存，而且相较于其他的远系繁殖方法，例如靠哺乳类或鸟类来传播，还有些优势。首先，森林里几乎总是有风。在高海拔地区，春季的气候经常是湿冷的，四月里的哺乳类和鸟类可能很少，但不太可能没有风。另一个优势是树不用耗费一大堆能量来让生殖器官吸引授粉的昆虫。长出开花植物那种大而绚丽的展示品是很昂贵的，而且还需要能量去维持。相比之下，球果是低维护成本的器官。它比花持久，因为它由更耐久的材料做成，而且不必不断地补充糖蜜以报答来访的昆虫。第三个优势是距离：有人发现风所挟带的花粉，离最近一棵可以产生这种花粉的树，相隔远达五千千米，比任何蜜蜂、蚊子或经过的动物所能携带的距离还要远。这种授粉方法可以增加基因多样性，也可以让最孤单的松树雌球有机会被授粉而产生种子。同时，它应该也可以用来警告那些主张能控制基因工程作物的倡导者。

花旗松花粉粒里所储备的食物比大多数其他的针叶树还多，由于比较大也比较重，所以传不远，但在以花旗松为主的森林里，它们不必传太远。研究人员计算了离最近的花旗松数千米远的地上的花粉粒数，发现平均每平方厘米有一百二十三粒；离最近的花旗松四分之三千米远处，这个数字上升到每平方厘米三百二十粒；而在花旗松下面，每平方厘米有八百粒。他们分析最有效的风媒传粉的距离，可以远达树高的十倍，对我们这棵树而言，其花粉落在距其一百米以内的树上最有效率。这个区域包括了火灾旧址里大部分的树，以及火灾边缘的几棵老树。

植物复兴

在中世纪末期，我们的树正要展开它第十五年的生命，此时，世界普遍对植物更加了解。在建筑上，木梁在大型建筑如大教堂中，取代了石拱，其木造中枢可以在没有支撑的教堂正厅里，建成高高的拱形穹顶。在服装方面，羊毛和皮革受到了由植物制成的材质的挑战，这种材质更轻便、更便宜，且更时髦。当哥伦布于一四九二年抵达西印度群岛时，泰诺人用来和他以物易物的东西不是黄金，而是水果、蔬菜和几束棉纱，这也是他认为他到了东印度群岛的原因之一。七年后，瓦斯科·达·伽马从印度航行回来，带了几卷来自卡利卡特的棉纱。其后的两个世纪里，许多航行探险都是为了满足对棉纤维这种新资源的需求。到了十五世纪末，由亚麻做成的亚麻纸从中国传到欧洲（中国自第一世纪即使用亚麻纸），它几乎取代了书本所用的羊皮纸或牛皮纸，这证明了它的耐用性。这是植物对新的社会秩序影响最显著的地方，因为它们让印刷的快速传播成为可能。

在一四四七年到一四五五年之间，当约翰内斯·谷登堡于德国美因茨发明了印刷机时，亚麻纸正好可以派上用场，来快速而便宜地印书。例如，一本《谷登堡圣经》，如果不用亚麻纸印刷而是由僧人以羊皮纸抄写，要花二十年才能完成，而且还需要二百只羊的皮。

谷登堡的才能在于，他利用了大学入学人数扩增所创造出来的对书本的巨大需求，而大学人数之所以增加，是因为古希腊和阿拉伯自然哲学家的手稿被重新发现。谷登堡的发明为书籍的大量生产铺平了道路。印刷机开始印出新版的亚里士多德、欧几里得、迪奥斯科里季斯和特奥夫拉斯图斯的作品，因此，对这些古典名家思想的含义、缺点做更广泛的探讨，不仅成为可能，而且还无法避免。阅读，以及不久之后的教育，为大众所热烈追求，而不再是富人的消遣与娱乐。对知识的新渴望反映在印刷品流传到欧洲各地的非凡速度上。在《谷登堡圣经》问世之

后的五十年内，德国的六十个城市，还有其他位于意大利、西班牙、匈牙利、丹麦、瑞典和英国的城市，都有了印刷机，全都忙着印书以供大众消费。据估计，十五世纪结束时，已经有两千万本以上的书被印刷了出来。以平均每种书的印刷量不到五百本来算，有四万种以上的书落在了热切的普通读者手中。

在这些新书中，有许多是谈植物的。《拉丁植物志》印刷于一四八四年，接着《德国植物志》印刷于一四八五年，虽然这两本书都是古典作家（通常是迪奥斯科里季斯）所写的植物汇编，但它们是首次含有附录，描述在当地所发现的植物的书。科学界所认识的植物种类迅速而剧烈地增加，尤其是在哥伦布从新大陆回来后，带回来的标本完全不同于希腊人甚至马可·波罗所描述的那样。这波新植物狂潮对十五世纪植物学的影响，和望远镜的发明对十六世纪天文学的影响相当。眼界开了，以新方式来思考世界就无可避免了。不用再一直躲在别人背后偷看，而是转过头来大大方方地看着现在，甚至还对未来一探究竟。

一五三四年五月十日，雅克·卡蒂埃的两艘船“来到了新陆地”。接下来的几周，它们航行在圣劳伦斯湾里，卡蒂埃碰到了许多小岛，上面有奇怪的植物、动物和鸟类。他报告说，大多数的土地尽为荒地，“不该称为新土地，而是石头和野地，一个野兽之地，因为在整个北岛，我看不到一块好地”。在一个他称之为白沙的岛上，他“什么都没看到，除了这里一堆、那里一堆的苔藓和小荆棘，呈干枯状”。然而，有一组群岛，他们在那里停下来获取水和木材，那里非常肥沃，足以让植物生长，而卡蒂埃很高兴地描述了那里的富饶。“它们拥有我所见过的最好的土壤，因此，其田野中的一块比所有的新土地更有价值。我们发现那里充满了好树、草原和野豆四处开花的平原，它们茂密、排列整齐，而且美丽，好像被耕种过似的，一如我们在布列塔尼所见到的那样。那里还有许多醋栗、草莓、突厥蔷薇、荷兰芹，以及其他非常甜美可爱的香草。”可惜卡蒂埃没有植物学家随行，而后来的探险队就有了。他所谓的“野豆”可能是当地的任何一种豆科植物，从海滨山黧豆到美洲野豌豆都有可能，而且可以确定在布列塔尼看不到。而当地数十种蔷薇科植物中，不管他看到的是哪一种，都绝对不是突厥蔷薇。

新植物需要新名字，而且，以本国语言来命名的情况愈来愈多，人们不再用希腊文或拉丁文。描绘并描述植物的是草药专家以及另一种新人群——业余植物学家。例如德国植物学家杰罗姆·博克，他的书《新草木志》出版于一五三九年，记录了他在做田野调查时所观察到的植

物，并且他以德文为之命名。他把他所描述并绘示的七百种植物，依特奥夫拉斯图斯的方法，分为草本、灌木和乔木三大类，而且描述它们的物理性状，诸如高度、叶子、根系类型及开花时间等，编排方式并非按字母或药性排列，而是以形态、花冠形状、颜色和种皮构造的相似性来排列。该书就好像早期的《彼得松德国植物指南》一样，博克因此书而被称为德国的植物学之父。

人们对珍奇植物的高度兴趣，后来引发了另一种新现象——公共植物园。长久以来，男修道院、女修道院、大学和皇宫都设有私人的“药用”花园，有的以围墙围住，有的甚至是食用或药用植物的大型农场，这些园子，或用来做教学展示，或为了观赏，或是在日益拥挤且瘟疫横行的城市中，作为供筋疲力尽的特权阶级疗养身心的场所。新植物园以世界各地的植物为特色，兼具观赏功能和实用价值。佛罗伦萨著名的菩菩利花园建造于一五五〇年，当时科西莫·美第奇一世买下并扩建了皮蒂宫。这座花园由尼科洛·佩里科利设计，搜罗全世界最令人赏心悦目、最珍奇的植物，只供美第奇家族独享。在此之前，第一座公共植物园在路易吉·安圭拉拉的指示下，已经于一五四五年在帕多瓦开放了。一五六七年，乌利塞·阿尔德罗万迪建立了博洛尼亚植物园，在博洛尼亚大学讲授自然史时，他也是第一个把不具药用价值、单纯只因其存在的植物纳入课程中的教授。

当时，最具影响力的植物学家也许是意大利的普罗斯佩罗·阿尔皮尼，他生于一五五三年，因此和莎士比亚几乎是同时代的人。他在帕多瓦大学研读药学，对那里的植物园知之甚详，后来到埃及旅行，在开罗住了三年，然后回到威尼斯大学，成为一名讲师。他的《埃及植物志》出版于一五九二年，向好奇的读者介绍了许多异国植物，包括许多影响未来欧洲商业的植物，比如香蕉树和咖啡树。现在，种植在南美洲各处的咖啡树和香蕉树，最初是由欧洲商人从非洲带过去的。阿尔皮尼虽然不知道确切的机制，但他还是观察到树的授粉过程其实就是一种性过程，这次，他所观察的是海枣，因而证实了亚述人的信仰。四千年前，亚述人有复杂的仪式，由祭司为海枣进行异花授粉。数个世纪以来，园艺人员一直都在为植物做授粉和异花授粉的工作，而阿尔皮尼是第一个研究授粉如何发生的植物学家。他还描述了酸豆叶子的趋光运动，但他不知道这种运动追随着太阳的运动——他认为它们可能是在吸收空气。他对植物的兴趣既不神秘也不学术，他以一颗好奇心来看植物，也就是说，那是科学家的眼光，而非魔术师或草药医生的眼光。阿尔皮尼和莎士比亚都死于一六一六年。当另一位普罗斯佩罗，即莎士比亚最后一出

戏《暴风雨》中的英雄，把他的咒语书丢在一旁时，魔法时代就此结束。

蕨类植物的世界

纤细的剑蕨叶子还在我们这棵树的基部生长，虽然蝾螈已经离去。蕨类具有许多相当原始的特性，它们的美是一种数学美，就像雪花或水晶之美一样。它们看起来就像是由计算机设计，用来说明混沌理论的植物一样。它们的基本结构和我们这棵树相同，但只有二维空间。树的枝条由主干以辐射状朝各个方向长出去，剑蕨的叶子却是两两相对而扁平，宛如树影。和所有的蕨类植物一样，剑蕨是一种带有花边的优雅植物，每片叶子从其盘绕的维管组织升起，长到一米半，上面有三十厘米长的浅绿色指状叶，从茎轴像刀片似的散开，平均排列在两侧，向顶部逐渐变细，这是典型的形状。剑蕨的基部就在埋于土中的柄状根茎之上，上头覆满了脆脆的棕色鳞片。

蕨类植物几乎在地球各地都长得很茂盛。剑蕨只是生长在花旗松下的几十种蕨类植物中的一种，其他还有木贼类和石松类植物。蝾螈和蕨类植物的出现，是一个健康的生态系统的象征。穗乌毛蕨是乌毛蕨属中唯一出现在北美洲的，其他的都分布在热带，它和剑蕨长得很像，但比较矮小，而且它的叶子是连续的而非分离的，比较像割草机的刮刀而不是一排小刀，它长在沼泽地区，那里更是北美乔柏的家。剑蕨和穗乌毛蕨都是常绿植物，但欧洲羽节蕨的三叉叶在秋天会掉落，它喜欢酸性土壤，常常被发现于陡坡和石壁上。甘草蕨是附生植物，长在大叶槭布满苔藓的树干上。

蕨类植物看起来像原始的树，因为它们就是原始植物。当海洋植物海藻移到陆地上时，它们演化成苔藓植物，后来，争夺阳光的竞争愈演愈烈，于是它们从地面上升高，成为蕨类植物（这种植物有根、茎、叶，但没有花和种子）。其中，木贼类植物是最成功的，在我们这座森林里就有好几种：问荆、溪木贼、平滑木贼，以及各种各样的木贼类植物，木贼的英文scouringrush有“刷”的意思，因为它们看起来像瓶刷一样，而且实际上当它们被碾碎时，原住民就用它们来刷洗炊具。它们的茎含有二氧化硅和纤维素作为硬化剂。木贼类植物的叶子很像变形的芽鳞片。它们的茎中空而节节相连，就像竹子一样，而且和钉子一样坚硬，为了生长它们会推开水泥板，穿出柏油块。

包括木贼类和石松类等在内的蕨类植物掌控了植物界数百万年，这

种状态在石炭纪时期到达高峰，它们的茎长得和树一样粗，庞大的叶子能把沼泽地遮住。然而，在石炭纪结束时，气候变得愈来愈干燥，蕨类植物全军覆没。来自石炭纪的大量的煤和石油，我们已经开采了两个世纪，它们全部都是由蕨类植物的化石变成的。现在，石松是小植物，但在十九世纪中叶，一块石炭纪的石松化石在英国本沙姆煤矿的矿层里被发现，它大得吓人，以至于矿场的人叫科学家过去检验。其在分枝处之前的主干长达十二米，基部直径长一米。以前没人见过这种东西，以后也很少有人见到。它被敲碎成煤出售，也许还充当了火车头的燃料，载着这些科学家回到牛津。因而这一点也被提了出来。当一块煤燃烧时，其所释放的热能，来自蕨类植物在三亿年前所储存的太阳能。

蕨类植物为隐花植物（cryptogams，来自希腊文“隐藏”和“已婚”），它们以孢子繁殖，这是最先从细胞分裂改良而成的繁殖方式。孢子似乎是介于细胞分裂和公然性行为之间的过渡阶段。蕨类植物以世代交替的方式繁殖，这个现象最初是由德国植物学家威廉·霍夫迈斯特在一八五一年描述出来的。他对细胞分裂和花粉形成的兴趣也许来自他高度近视的毛病，他酷爱仔细检查所有的东西。他非常善于使用解剖显微镜，也是第一位观察到细胞核内染色体的植物学家，虽然他不知道那是什么。

成熟的蕨类植物散出成千上万的孢子。落在阴湿处的会立即开始生长，但不是长成可辨别的蕨类植物。它们会长成称为配子体的矮平植物，直径约数厘米，它们叶状器官背面长出来的并不是孢子，而是正常的植物性器官——雄性的藏精器和雌性的藏卵器——目前在针叶树上发现的更为典型。这些“隐藏”的性器官通过“结婚”产生种子，一旦受精成功，就可以长成蕨类植物。这种复杂而间接的繁殖方法，可能是在气候突然变化，不利于孢子生殖和种子传播这两种策略时，为了确保族群繁衍所发展出来的退路。

虽然气候条件在石炭纪之末产生剧烈变化，造成大量植物死亡，但蕨类植物家族几乎一直延续到现在，这也是我们现在还看得到这么多种蕨类植物的原因。全世界已知的、现存的蕨类植物有一万多种，其中至少包括一种活化石——问荆，虽然它比其庞大的祖先小，但是同类中分布最广泛的。有些现代蕨类植物并不小：美丽的热带桫椤经常可以长到三十米以上，而巨木贼可以长到十米。但大多数的蕨类植物都低于一米，恢复到它们的祖先在石炭纪时期以前的大小。真菌依旧只靠孢子繁殖；而裸子植物，像我们的树一样，都是蕨类植物的后代，它们走上了

种子繁殖的道路。霍夫迈斯特证实，针叶树在演化上介于蕨类植物和开花植物之间。

裸子植物的意思是“裸体的种子”，来自希腊文gymno“裸体”（希腊运动员在体育场里裸体演出）和sperma“种子”（抹香鲸的英文sperm whale为“精子鲸”之意，因为其头部中白色的脂肪物质一度被认为是精液）。在裸子植物中，将要发育成种子的胚珠裸露地躺在球果鳞片上，并没有像后来的开花植物，即被子植物（“包住的种子”）一样，被覆上一层心皮来保护。针叶树中产生种子的器官仍然称为孢子体，这一术语来自蕨类植物产生孢子的器官。而在木贼类和石松类植物中，它们的孢子就在孢子囊穗里，其拉丁文和球果是同一个意思。



花旗松林

裸子植物演化自蕨类植物，它们得到了形成层。它们还提高了茎部的强度，增加了作为硬化剂的纤维素和木质素的含量，并把中空的部分填满了死木材。它们为什么要这样做至今仍是个谜。它们适应性的改变可能是对石炭纪之后的干燥气候的反应。坚硬的外树皮和把水分更有效地从根部运到高耸树冠的方法，已经是相当出色的演化优势。而发展出复杂的根系以吸取日渐稀少的地下水，这种方式比单靠根茎更好。或者，这个策略只是从孢子繁殖转换成种子繁殖的直接结果：当种子球和花粉球变得更大更重时，就必须有更强壮的茎来支撑它们。例如苏铁（类似棕榈的热带树）就有巨大的生殖器官。然而，花旗松的种子只有数毫米，但某些苏铁的种子却有六厘米长，而携带这些种子的球果可重达四十五千克。即使是石炭纪像树一样的木贼类植物也无法用其柔弱中空而没有枝条的茎，撑起数百颗沉重的球果。心材才是解决方法。

然而，针叶树仍然保持着其祖先蕨类植物的纤细形状，它们的树干高而尖耸，却不粗壮。花旗松看起来也许非常庞大，但就比例而言，在这种高度上，它是全世界最细的树。英国邱园的旗杆是由一棵三百七十一岁的花旗松修剪而成的，它高八十二米，基部直径却只有八十二厘米。把那些尺寸等比例缩小，你就会得到一株桫椤。

森林中的性

花旗松的雌球会开放二十天来接收花粉粒，直到四月底左右。花粉粒一旦滑下雌球苞片的平滑表面，就会被胚珠顶端微小且具有黏性的纤毛缠住。然后花粉粒会在这片纤毛区域上舒服地待两个月，等着其附近的胚珠唇部胀大。胚珠渐渐把花粉粒包住，而花粉粒就像槌球般沉入软绵绵的枕头里。五月初，有个开口发育出来，而胚珠变成了漏斗口。黏毛收缩成一个秘密通道的入口，这个通道称为珠孔道，而花粉粒被吸引进来，开始向着胚珠的珠心前进，珠心即为胚珠中包着雌配子体的部分。花粉粒在行进时，会变成伸长的硬杆，其外壁由纤维素和果胶构成。这时，杆子里的花粉粒会长出两个配子，即雄性精子细胞，只有在这个时候，花粉管才会和珠心接触。花粉管的最前端碰到珠心时，会轻推，最后终于穿进珠心。

在松树中，花粉管靠胚珠里一种甜蜜而珍贵的液体漂向珠心，但花旗松并没有这种被称为传粉滴的液体，它的花粉是靠一种强壮的夹子，从柱头顶端移动到珠心的。然而，现在是沿海地区的五月，是雨季，可能会有一些雨水进入胚珠。当这种情形发生时，整个机制就变得和松树一样，水分让花粉粒轻松地沿着胚珠通道进入珠心，然后珠心排开水分

子以接受发芽的花粉。数千年来，花旗松已经适应了发芽期间的下雨概率，不管是否产生润滑作用，授粉都可以顺利进行。

花粉管在穿入珠心的表面组织后会休息三周，然后再继续往胚珠藏卵器的颈部移动，进入藏卵器之后，继续向卵子接近。这时，花粉管所有的内含物（带有细胞核的细胞质、包着两个雄性配子的体细胞，以及柄细胞）合并成圆柱体，移动到花粉管的最前端。隔离精子细胞和细胞质的薄膜破裂，精子细胞被射出花粉管，和卵子结合。

一个雌球也许会收到一个以上的花粉粒，但多余的花粉粒会分解成种子所储存的养分。

一六三五年，位于法国巴黎圣维克托郊区的新植物园建成了，居伊·德·拉布罗斯被任命为它的第一任总管。在之前的十年里，他一直在为建立一个这样的植物园而奔走游说，他的构想主要是将其当成公共花园，除此之外还可以作为生产草药的实验室和新化学科学的教学机构。在担任总管的第一年里，拉布罗斯种了一千五百种植物，并给学生们教授这些植物的“外部”特性，即其形式和关系，还有它们的“内部”特性，即其药学性质。

拉布罗斯是当时最具前瞻性的科学家，他对植物的行为竟然如此类似动物而颇感惊讶。他说，二者皆有出生、成长和运动，而且都需要养分、睡眠（冬眠），甚至性。他是第一个认为植物的繁殖和动物一样，需要雌性和雄性进行交配的人。他甚至还异想天开，思考植物是否有灵魂。生命就是生命，他认为，不论其表现形式是植物还是动物，这二者的生与死，都不会受到其形成时所植入的种子的调控，而是受制于环境中的其他因素。他在新的实验室中，试着以装着无菌土的盆子养植物，给它们浇蒸馏水。当植物死亡时，他得出结论，植物从土壤中以盐的形式获得养分，从水中以“灵粮”的形式获得养分。他还尝试在真空条件下养植物，然后得到了类似的结果。空气，他称之为“精神”，是植物的必需品，一如动物也需要空气一样。植物没有肺，但昆虫也没有，而昆虫没有空气就活不了。在他所写的关于植物化学的内容中，有一章几乎已经接近了对光合作用的理解。他写道，化学变化是两种物质的结合——植物的形态，他称之为“工匠”，火则是“通用的工具”，或是“伟大的艺术家”。

一六四〇年，当他的机构终于对大众开放时，里面种了一千八百种植物，其中的许多植物是拉布罗斯从东印度群岛和美洲引进来的。不幸

的是，在过度的准备和期待之下，他在第二年就去世了。

然而，他的工作由一名德国医师鲁道夫·雅各布·卡梅拉留斯接续了下去。一六八八年，卡梅拉留斯二十三岁，是蒂宾根大学杰出的医学教授，也是市植物园的总管。一六九一年，他对植物的性别问题产生了兴趣，当时，在园中，他观察到一株雌桑树附近虽然没有雄树，却还是结了许多果实。他检查这些桑葚，发现里头只有发育不全或空粒的种子。他把这些无子桑葚比喻成鸡的未受精的“风蛋”，并得出结论，和母鸡一样，雌树需要雄树才能产生可发育的种子。然而，到目前为止，这项结论只是一个根据单一观察所做的未经验证的假设。卡梅拉留斯对植物科学的贡献是，他通过一系列的实验对这项假设进行了检验。

他把两株雌性一年生山靛盆栽放在室内，远离雄株，让其生长。和桑树一样，这些植物长得很好并结出了丰盛的果实，但当果实只长到半熟时，它就会枯萎、掉落，里头包含着未发育完全的种子。接着他从蓖麻雄花上摘除了花药开口下方的雄花序，之后该植物只结出了“空壳子，它们掉落在地上衰竭而干枯”。他用菠菜、玉米和大麻重复了这个实验，它们全都无法产生可发育的种子。“因此，”他在《论植物的性别》中写道，“我们有理由给这些端点（花药）一个更高贵的名称，以彰显其对雄性性器官的重要性，因为它们是藏匿和收集籽的容器，这种粉末状的籽是植物最微妙的部分，在之后由这些容器供应。同样明确的是，带花柱的子房代表了植物的雌性性器官。”

六月初，雌性卵子的细胞核胀大，移动到藏卵器中央，周围的细胞质变成浓稠的纤维状液体。细胞核就像是一座位于黏稠湖泊中央的小岛，是雄性配子的目标。当花粉管进入珠心时，它会把其全部的内含物倒进藏卵器中——细胞核、两个配子（只有一个能到达岛上）和柄细胞。两个配子中较大的一个，穿过细胞质，向湖中央的卵子细胞核前进；较小的配子很快就会放弃并分解，把其具有生产力的物质提供给新形成的种子。胜利的配子抵达细胞核，渐渐穿透细胞壁，让卵子受精。到了六月的第二周，我们的树已经达到性成熟了。在七月到八月期间，细胞在发育中的胚里不断地复制，大约在这时，早期的清教徒移民正在照顾田地中的第一批庄稼，这块位于新英格兰森林中的地，在被发现时已经被清理干净了。到了九月，当气候适宜时，北美洲东西两岸的种子已经准备就绪。我们这棵树上的雌球张开苞片，把四万颗带着翅膀的种子，释放到温暖、干燥的秋日空气中。

第四章
成熟

三百年来，我们这棵树一直在九月的和风中散播种子。适逢丰年的时候，一如今年，它会产生大量种子。有些年的秋季则一粒种子也没有。

当芽苞长出新芽，

健壮的会分出枝条，遮盖四周的弱枝，

我相信这巨大『生命之树』的世世代代亦复如此，

地表堆满它的枯枝落叶，然后新枝不断冒出，

它以美丽的枝丫覆满大地。

查尔斯·达尔文《物种起源》

三百年来，我们这棵树一直在九月的和风中散播种子。适逢丰年的时候，一如今年，它会产生大量种子。有些年的秋季则一粒种子也没有。所有会结子的树都有繁殖周期——栎树以不规律结子闻名，但即使是家养的苹果树也是每两年才有一次结得比较好。花旗松的结子节奏有三个交叉周期：有两年周期与七年周期，理由至今不明；而二十二年周期，似乎是在反映太阳表面太阳黑子活动的高峰。当这三条曲线交会时，大约每十年一次，树会结出丰富的种子。如果我们这棵树是栎树，这一年就称为丰年。

栎树的丰年现象，通过一连串的复杂事件，和莱姆病的出现产生了联系。一九七五年，耶鲁大学的医学家们调查了一系列发生于康涅狄格州海边小镇莱姆镇的幼年型关节炎的病例，数量超过五十一个。艾伦·斯蒂尔和他的同事发现了名为游走性红斑的特殊牛眼疹和关节肿胀，这些都是莱姆病的症状。一九八二年，维利·布格德费尔在蜱的体液中发

现了一种螺旋体，称为伯氏疏螺旋体，此病被证实是由这种螺旋体所引起的。

白尾鹿一般以木本植物为食，但在丰年，它们会到栎树林里大啖栎实。它们在那里会引来鹿蜱成虫。雌蜱吸了四到五天的血，吸够了就从寄主身上落到树叶堆里过冬。到了春天，雌虫所产下的卵块中含有数百到数千颗卵。

丰年里的大量栎实还会引来白足鼠，它们在此处搜集、储存大量坚果。然后它们产下比平常更多的幼鼠，存活率也高于一般时期，结果，到了来年，“鼠口”爆炸，从而为刚孵化出来的蜱提供大量的摄食机会。白足鼠是螺旋体的储备者，当它们被幼蜱寄生时，细菌就会透过血液传到蜱，使蜱感染。蜱吸饱之后会落入林床中过冬，来年春天长成幼虫，准备散播螺旋体。如果有行人碰巧经过，蜱就会附在不知情的受害者身上。因此，丰年之后的两年，莱姆病就在人群中暴发了。

莉萨·柯伦和她的工作伙伴们在研究龙脑香科植物时，发现了另一个神奇的丰年现象，龙脑香科是印度尼西亚林冠树中的主要科。从一九八五年到一九九九年，科学家们将目光聚焦在婆罗洲巴隆山国家公园内一百四十七平方千米的土地上。他们发现整个森林生态系统有一种丰年现象，五十种以上的龙脑香树以大约三点七年的周期，于短暂而密集的期间同时繁殖，产生大量的果实和种子。丰年期间有六周时间，百分之九十三的树会掉落种子，研究人员发现，每公顷土地上的种子达一千三百千克。大量的动物被吸引过来，包括野猪、猩猩、长尾鹦鹉、原鸡、山鹑、数不尽的昆虫，甚至当地村民。科学家们发现，引发丰年的因素是厄尔尼诺南方涛动的到来，这是一种热带海洋环流模式中的周期性变动，于六到八月间为印度尼西亚带来干旱。丰年现象接在干旱之后。这是一个神奇的树群演化策略。

有些生物学家认为，丰年现象也是树木用来控制掠食者的策略的一部分。丰年之间夹着漫长的无果期，靠种子和坚果为生的动物就得受制于树木，被迫进入大餐与饥荒的循环。如果饥荒期够长，那么动物族群的数量就会锐减而树就安全了，至少安全一阵子。在中国，有些种类的竹子每一百年才结一次种子，然后死亡，导致吃竹子的大熊猫饿死。

以种子为食的松鼠和鸣禽

在花旗松林里，以种子为食的掠食者主要是道氏红松鼠，它们身长

二十厘米，呈蓝灰色，腹部及眼圈为闪亮的浅黄色，耳朵是黑色的，尾部比身子短，活力十足。在夏季，道氏红松鼠就坐在高处的枝条上，摘下一个即将成熟的球果，并开始有系统地剥球果，从底部开始，一次剥一枚鳞片，吃掉球果基部的种子，空鳞片和最后被剥剩的芯则被丢到地上。现在到了秋季，松鼠赶在种子散开之前，疯狂地从树上摘下数千枚种子球。松鼠把球果从茎部摘下，丢到地上，然后匆匆赶下来把球果藏到倒木和树桩底下的洞里，球果在那里保持湿润，不会让种子散开。许多球果被松松地埋在林地表面，将来它们的一些种子会发芽。松鼠的速度和效率非常惊人。在加利福尼亚州，有人曾观察到一只松鼠在三十分钟之内摘下了五百三十七枚北美红杉的球果，它们用四天就可以将其贮存起来，作为过冬所需的食物。约翰·缪尔非常钦佩这种勤劳的小动物，他估计森林里所长的球果，由活力十足的道氏红松鼠经手的高达百分之五十。

道氏红松鼠和它们的近亲北美红松鼠一样，有强烈的地域性，每只守着约一公顷的成熟花旗松林。它用尖锐、嘈杂的叫声保护家园不受飞鼠、花栗鼠，尤其是其他道氏红松鼠的侵犯，包括其潜在的交配对象。在这片区域里，它们在较高的树干的分叉处筑夏巢，或称松鼠窝，有时则占用老鹰或渡鸦所遗弃的巢。到了秋天，它们会离开夏巢，在树干的洞里筑冬巢，这个洞是由低层枝条的掉落和雨水的渗入腐蚀所形成的（通常还有昆虫、啄木鸟和红羽轴扑动䴕的协助）。松鼠在洞里排上一列列的碎树皮和针叶，在底部填满种子以备不时之需。它们并不会进入深度冬眠，但一次会睡上好几天，醒来吃点存粮，然后再睡。

它们的繁殖期在春季，接在树木的繁殖期之后。在四月求偶交配的过程中，它们以花旗松与美国黑松的花粉为食。当五月中旬幼鼠出生时，它们的父母则以树木顶端的嫩芽和嫩枝为食。幼鼠被抚养了八周，到了七月中旬之后，就会被赶出出生的窝，独立生活。现在，这些还不到一岁大的小家伙必须自己去找过冬的食物，并改吃成熟的种子球，从而与已经建立了势力范围的成鼠竞争。一岁的成鼠不易寻求和保卫自己的地盘，这正是道氏红松鼠种群无法布满整个地球的原因。很多松鼠会找不到自己的地盘，也无法储存足够的粮食过冬，而在春天来临之前饿死，这个问题因花旗松老熟林被不断开发而变得更加严重。

九月的第一周，刚好是种子爆裂的时候，鸣禽开始到达它们秋季迁徙的地方。对某些鸟而言，例如白腹灯草鹀，这是它们迁徙到达的最南端。它们将会加入留鸟型的灯草鹀，这些留鸟整个夏季都在此地。今

天，所有的灯草鹀都叫白腹灯草鹀，但西部森林里的灯草鹀有两种类型：它们以前分别被称为灰蓝灯草鹀和俄勒冈灯草鹀。灰蓝灯草鹀的上半身是坚实的灰色（暗灰色的冠羽、胸、翅和尾部），它有背心似的浅黄色羽毛，还有两组雪白的外尾羽，它们在空中刹车准备降落时，看起来就像幽暗灌木中闪烁的火花。俄勒冈灯草鹀有深色冠羽，但上半身其余部分全是红褐色，肩部有赭色斑，两侧为略淡的红褐色。灯草鹀的名字来自拉丁文Juncaceae，即灯芯草。这应该是因为以前有人认为灯草鹀以灯芯草的种子为食，但是其实它们并不吃。春天它们以蜘蛛和昆虫幼虫喂养雏鸟，但现在是秋季，成鸟在光照充足的草原及森林边缘搜寻食物，吃各种植物种子，但不包括灯芯草。它们进食时大都在地上，以并脚跳的方式移动，最有名的就是“连环双跳”：第一步向前跳，落下时双脚把带有种子的草秆压下，接着迅速往后跳，把掉落的种子啄起来。

灯草鹀及其他的过冬鸟类——松金翅雀、歌带鹀、金喉雀、红交嘴雀和紫朱雀，也大量地食用花旗松的种子。九月底，花旗松的种子覆满大地，宛如一只只透明的小鱼干。鸟吃这些种子，因为它们大而富含淀粉，值得花力气去打开。在非丰年里，以种子为食的鸟类能吃掉树种年产量的百分之六十五。

对某些候鸟而言，如雀类，当它们从北方森林往南迁移时，九月不过是补充碳水化合物时的短暂停留。有些雀鸟会大啖花旗松的种子，然后继续南飞，一路沿着太平洋海岸把种子随着排泄物排掉。其他雀鸟在饱食种子之后，又会轮到它们被美洲隼、红尾鵟和毛脚鵟吃掉，它们的嗉囊被撕开而种子四散，或是被这些隼类吞下，存在隼类自己的粪便中。北方老熟林的种子就以这种方式传播，并改变南纬地区森林的组成。千百年来，这种鸟类迁徙和其所带来的树木，已经改善了气候及南部地区的侵蚀形态，因为森林蒸发水分会影响水文循环，而风吹过森林的效果也和吹过光秃秃的土壤不一样。

树木反击

树尽管是各种掠食者的目标，却还是活得相当旺盛。掠食者有：觊觎种子和花旗松嫩芽的鸟类、松鼠和黑尾鹿；决心要侵入细胞核的真菌；被芽和针叶吸引的昆虫；以及寻找各种方法进入细胞壁的各种细菌和病毒。植物不能拍打或躲避害虫，而是靠化学武器的兵工厂来抵挡病原体的侵袭。一株健康的植物就是一座高效的生化厂，持续生产各种化合物，有些可以促进生长，有些则是所谓的次级化合物，常常被用来抵抗入侵的敌人。几个世纪以来，从古代的草药到现代的药制品，人类已

将植物用于药用和消遣性服用，这些用途中的大部分缘于这些次级产品。它们主要分为三类：萜类、酚类和生物碱。

有些萜可以帮助树木生长，例如带有萜烯基的赤霉酸，但大多数是用于防御。树脂包含单萜和二萜，它在树的茎部和枝条中上上下下地流动，甚至通过树纹里的特殊导管，进入针叶和球果。当昆虫幼虫钻进树里时，它很可能会穿破这些导管中的一根。一旦发生这种状况，树脂就会流入昆虫的进食室。树脂好像没什么驱虫效果，但它含有萜可以进一步抑制昆虫的食欲。接着树脂硬化，把伤口封起来以免真菌孢子跑进来。一株受到严重侵袭的树，其树皮上可能有数百处树脂伤口。有些萜具有毒性。例如马利筋属植物含有的萜对鸟类就有毒性，这也是帝王蝶幼虫喜欢吃马利筋属植物的原因。被摄入的分子会发挥作用，减少鸟类对昆虫的捕食。印度楝树油中的活性杀虫化合物是印度楝树的一种药用提取物，也是一种三萜类化合物。

酚类带有苯基，通常具有挥发性——可以在空气中传得很远。有些酚称为类黄酮，植物花朵用来吸引授粉昆虫的香味和颜色，就是由其负责。其他的一些酚为植物相克作用的元素，就是在同一个生态系统中，某株植物防止其他植物生长的能力，例如黑胡桃树的根部会分泌一种化合物，防止其他植物在其树冠正下方生长。某些沙漠植物会释放出一种酚——水杨酸，可以做成阿司匹林——阻碍附近植物的根部吸收水分。

然而，有些时候这种影响是正面的，因为酚的排放会警告附近同种植物有食叶昆虫来袭。一九七九年有一项实验，将三组盆栽柳树置于封闭房间内，其中两组在同一室，另一组则被置于另一房间。第一间里，半数的树被放上了食叶毛虫。两周后，受侵袭植物的免疫系统启动，以驱逐毛虫的入侵，而同一房间里未受侵袭的植株也启动了免疫系统；然而另一独立房间里的树却不受影响。第一间房子里受侵袭的树以某种方式警告其他树——而且不是透过菌根沟通，因为树种在盆子里。受侵袭植株排放出某种挥发性化合物，它触发了附近植株的主开关。

当植物受到草食性昆虫的攻击时，它还会释放出酚类化合物以吸引其他以入侵昆虫为食的昆虫。例如，关于黄花烟草的实验显示，当其叶子被天蛾毛虫所吃时，该植物会释放出有气味的化合物以吸引淡色大眼长蝽，这是一种以天蛾卵为食的卵生昆虫。显然，毛虫唾液里的化学物质触发了求救讯号的发出。在银杏树、玉米树和棉树中都有类似的现象。荷兰植物生物学家马塞尔·迪克研究过棉豆排放的化学物质，根据他的研究，“即使不是所有的植物物种，那也是大多数植物，它们都具

有和它们的保镖交谈的特性”。植物会号召大量的螨和寄生黄蜂来帮忙，而这些掠食性昆虫已经演化出了监测空气中这些化学信号的能力。

单宁酸为类黄酮聚合物，保护树的组织不受微生物的侵蚀——其发挥的作用与被用来鞣皮革时的作用相同。栎树、栗树和针叶树的单宁酸还能破坏草食性动物的肠子，以防止它们进食。单宁酸会破坏肠子的上皮细胞层，造成动物无法消化所吃的食物。结果，有些草食性动物，如鹿，必须吃大量的叶子才能得到足够的养分以维持重量。动物吃植物以获取氮，植物利用这一点，让它们不同部位的叶子含有不同数量的氮，因此，草食性动物，包括昆虫，必须从树的某一部位移动到另一部位，或是从某棵树移动到其他的树，或是更好的情况，从某一种树移动到另一种树以取得足够的氮。

即使如此，植物还是尽量让它们所含的氮保持在最低量。树的含氮量是所有植物中最低的——低到木质部只有百分之零点零零零三，叶子最高可达百分之五，芽苞和嫩茎则为百分之八。大多数昆虫必须将体内的氮含量维持在百分之九到百分之十五之间才能繁殖。植物还在它们的氮中混入酚类毒素，如单宁酸和生物碱，使其叶子和种子变得不可口。草食性动物的季节性迁徙，包括鹿、野牛和昆虫，其部分的原因是它们必须一直追求富含氮的草场，因此，我们或许可以说，这乃是受植物所控制。

植物所产生的第三种次级化合物生物碱，可以像光通过玻璃一样，穿透细胞膜。它们直接进入中枢神经系统，在脑中引发反应。例如咖啡因就酷似肾上腺素，这是我们产生清醒错觉的原因。咖啡成瘾者是永远失意的肾上腺素上瘾者。烟草中的一种生物碱尼古丁，进入脑部的速度是咖啡因的十倍，因此更容易上瘾。吗啡则是鸦片中主要的生物碱，也非常容易上瘾。

并非所有生物碱都对人有害。预防疟疾不可或缺的奎宁，就是一种金鸡纳树树皮中的生物碱。提炼自颠茄根部的阿托品，可作为一种呼吸兴奋剂或止痉挛的药。但大部分生物碱被摄取足量时皆有毒性。马钱子碱是东南亚植物马钱子中的生物碱，十九世纪时，其稀释溶液可治疗酒精中毒，但只要稍微浓一些，就会导致极度痛苦的死亡。尼古丁用于治疗疥疮，剂量强一些可治疗癫痫（也就是当时所称的脑病），剂量过强则会造成意识丧失甚至死亡。从东印度的迦素巴素树（一种格木属植物）中所提炼的诺喔赛定，牙医用它来取代砷当止痛剂，毫无疑问，许多病人得以减轻疼痛，但以每千克体重一微毫克的剂量给狗进行皮下注

射，就会使其毙命。过去人们试图寻找与吗啡相比不那么容易上瘾的鸦片衍生物，结果事与愿违，反而产生了实际上瘾度为吗啡的二十倍的化合物：海洛因。

我们这座森林里的一些植物含有致命的生物碱。它们大都属于美丽的百合科。例如剧毒棋盘花，它有精致的黄花，和长在一旁的蓝克美莲非常像，真正的蓝克美莲的根可以食用。当食物短缺时，当地原住民会到森林里的“蓝克美莲大草原”非常小心地分辨这两种植物。加州藜芦也长在这个区域，通常位于颤杨树底下。母羊怀孕十四天时吃了这种植物，会产出独眼畸形胎——生下来的小羊前额中间有一只眼睛。当地原住民把其根部煮成汤汁，连续三周每天服用三次，可以导致不孕。虽然当地原住民以绿藜芦经过初霜的叶子泡水来降血压，但其幼苗却带有剧毒。这种植物被晒干磨成粉，可作为园用杀虫剂出售，名为藜芦粉。迪奥斯科里季斯知道白藜芦，他说将其根部晒干磨成粉混以蜂蜜可杀老鼠。

种子与性

既然每年所生产的种子有百分之六十五为鸟类所食，而剩下的大部分又被道氏红松鼠、老鼠、田鼠和花栗鼠处理掉，于是只有不到百分之零点一的花旗松种子在掉落后能长成新树，也就不足为奇了。面对如此大的折损率，大量产生种子是一种补救方式。和某些开花植物比起来，花旗松的种子产量微不足道——例如某些兰花，一个果荚就包含高达四百万颗种子，其成功率则远低于花旗松。中世纪哲学家，如圣托马斯·阿基纳（为大阿尔伯图斯的学生，后来两人在科隆及巴黎成为同事），试图把亚里士多德学派的主张移植到基督教教义中，融合理性和信仰，把这种大量产生种子的现象视为造物者的伟大设计。大自然是“上帝所撰写的书”，种子的过度生产则是大自然丰盛的一部分，必须产生足够多的种子以喂养所有动物，包括人类，还要剩下足够多的种子以延续物种命脉。于是，过度生产既是天命之迹象，也是自然因素的结果。

《圣经》中的比喻，“凡有血气的，尽都如草”实际上一点也不夸张。几乎每一样我们所吃的东西，不是植物本身，就是以植物为生的动物。人类很少吃肉食动物。我们日常饮食中的肉食动物，除了吃昆虫的鸟类之外，就是鱼类，许多都是养殖的——最有名的就是鲑鱼。养殖肉食动物的效率非常低，每一千克的鲑鱼肉，要用三到五千克的完全可食的鱼肉团去喂养。这就好像拿绵羊和山羊去喂狮子一样，然后再吃狮子。

现在我们知道，可耕种土壤层是支撑人类文化命运的一线希望。如果把地球缩成篮球的大小，那么地表土壤就只有一个原子的厚度。然而我们却很严重地滥用了这脆弱的土壤层，在农业上使用化学药剂，并在上面倾倒有毒废弃物。如果“凡有血气的，尽都如草”，那么善待草木就符合我们自己的利益。

早期的神学家想办法调和神学和他们所学到的科学，因此，以“神圣之命”确保植物产生足够多的种子，以喂养神所创造的万物，并使万物继续生存下去，这是很合理的。在十七世纪的英国，这种观点的主要拥护者就是约翰·雷伊，人称英国自然史之父。雷伊是天主教神父，后来教授希腊文和数学，并对植物学产生了兴趣，写了关于树中汁液的流动、发芽、物种的数量以及它们之间的区别的论文。在最后两篇论文里，他和当时的许多植物学家一样，在研究一套分类系统，寻求一种可靠而一致的方法，根据植物的种子、果实和根部的特征，把植物界组织起来。在植物学和动物学的领域中，似乎每天都有新信息出现，由此引发的混乱状况需要一套通用法则来恢复秩序。

雷伊想到了植物的性，对一个英国清教徒而言，性是可耻的想法，因此他并未认真探究，但这个想法后来在欧洲竟大为流行。上一代人，英国植物学家尼赫迈亚·格鲁曾提出花药就是植物的雄性性器官，而雷伊倾向于认同这个想法——也许，如果他不是清教徒的话，还会去思考雌性的部分。以这种方式把动物和植物统一起来，也许更容易找出分类的通用系统。但几乎要到半个世纪之后，才有人公开发表了这种想法，先是意大利人卡梅拉留斯，接着是法国人塞巴斯蒂安·瓦扬。

瓦扬负责巴黎皇家花园（后来的巴黎植物园）的品种搜集工作。一七一四年，他负责监造法国的第一座温室，并最终成了花园的教授。他所开的第一门讲座是关于植物之性的存在，此乃拉布罗斯的观点的延伸，也是卡梅拉留斯的观点在法国的首次发表。瓦扬于一七一七年开讲，受到热烈欢迎，虽然他的讲座排在早上六点，但座无虚席。当年被他用来做演示的那棵开心果树，至今仍被种于自然历史博物馆的高山花园里。瓦扬于一七二二年去世，之后他的演讲内容被结集成书获得出版，继续引起回响。这本书最深远的影响，或许是它被瑞典乌普萨拉大学的一名贫穷的年轻学生，迫不及待地读到了，他就是林奈。

虽然植物具有性身份并非新想法，但瓦扬的贡献及激起林奈兴趣的是，植物的性器官在不同物种间非常一致，可以作为分类系统的基础。当时其他的分类系统依赖植物花朵的形态、颜色或大小等模糊而主观的

判断。林奈所提出的是直接对生殖器官做数学计算——斯蒂芬·杰伊·古尔德所谓的“枯燥的数字分析”。

当时，分类学领域和拜占庭皇帝的血统一样复杂——正在使用的自然界的分类法竟有三百多种。林奈在研读了瓦扬的论文之后，所建立的基本方法极为简单。特奥夫拉斯图斯已经以“属”和“种”来辨识标本了，林奈只是在其上加了两个类别——“纲”和“目”，并设计了一套简易方法，把每种生物放入适当的栏目中。一株植物归哪一纲，由其雄蕊（雄性器官，一根花丝带着一个花药）的数量和排列方式决定；归哪一目则由心皮（雌性器官）的数量和排列方式决定。他的系统之于植物，就如同杜威十进制分类系统之于书本：计有二十四纲、数十目、数百属和数千种。整个世界就像一个大图书馆，每一个物种在正确的楼层（纲）、正确的区（目）、正确的书架（属）上有其特定的位置——而且不只是对已知的每一个物种而已，对每一个进入图书馆的新物种也同样重要。任何一个带着放大镜，能够从一数到二十的人，都可以像在实验室里一样，轻易地在田间判别每一种植物的纲和目。（具有一枚雄蕊的植物是单雄蕊纲，即“一个男人”之意；如果有两枚，就是双雄蕊纲；到二十枚为止的为二十雄蕊纲；超过二十枚的都称为多雄蕊纲。）自林奈之后，为新植物进行分类的工作实际上已成了例行公事。

林奈所创建的分类系统，至今仍在被使用，是目前主要的分类形式，虽然后人又添加了几个分类层级。地球上的所有生物都被归入三大领域：细菌、古菌和真核生物。真核生物是人类的祖先，它们可能在二十亿年前从细菌中分离了出来。于是，人类的分类如下：真核域、动物界、脊索动物门、哺乳纲、灵长目、人科、人属、智人。花旗松的分类是：真核域、植物界、松柏植物门、松杉纲、松杉目、松科、黄杉属、花旗松。

对某些人而言，这些全都没有给生物一个真正的定义。事实上，林奈分类法的简单正是某些人反对它的原因。这就好像林奈把植物学的趣味给剥夺了一样（如同说杜威把浏览书籍的愉悦给剥夺了一样）。别管果实的丰硕之美、山溪上弯曲有致的枝丫、雨后闪闪发亮的草原，配上花朵缤纷的绚丽景象；而是检查它有几枚雄蕊，几枚心皮。林奈自己在写作时，努力地软化着这些冰冷的数字解析。一七二九年，他描述了一株带有一枚雄蕊和一枚雌蕊的植物，这就好像新郎、新娘的洞房花烛夜一样：“此花之瓣……宛如新人之喜床，在造物者的壮丽安排下，饰以高贵的床帘及温馨的香味，新郎和新娘举行隆重的婚礼。”但这没用。

林奈的分类系统非常枯燥，意外的闪光点全被滤除，也许，他不得不如此。“该系统的巧思和用处不容置疑。”达尔文在《物种起源》中唯一提及林奈之处如此写道。这位瑞典自然学家认为他的系统把上帝的天机解开了。“但除非该系统明确点出时间或空间中的顺序，或此二者皆有，或造物者计划的其他意图，”达尔文写道，“否则，在我看来，它并没有增长我们的知识。”

林奈的花园位于其乌普萨拉故居的后方，现为被妥善保存的圣地，作家约翰·福尔斯于参观之后，附和了达尔文的评论。福尔斯知道，他所站的地方，正是大爆炸的发源地，“它在人脑里造成的辐射和突变无法估量，而且绵延不绝”——在林奈这一小块土壤上“所落下的一粒知识种子，如今已长成大树，把整个地球给遮住了”。但福尔斯坦承，他是“林奈的异教徒”。他对林奈所探寻的很难实现的植物个体化极为反感，它把自然现象化约成了特定秩序里的特定类别。他视其为迈向人类中心主义的第一步，我们所定义的大自然，只是我们所在之地，或我们附近的环境。林奈的系统，他说道，要求我们放弃“见识、理解和体验的某种可能性”，以换取分类和标示，就好像透过照相机的取景器来看大自然一样。“而这就是，”他写道，“乌普萨拉知识之树所长出来的苦果。”

近年来，科学界具有了提取并比较DNA的能力，这为林奈观点的精确性，提供了新的认识，虽然对其观点之美没有什么帮助。DNA分析远比数一数心皮和雄蕊来得复杂，它是一种有力的工具，可以确认两个看似毫不相干的物种之间的关系程度。DNA力量的关键在于四种分子结构的排列，这些分子结构称为碱基，简单地以其英文首字母表示：A代表腺嘌呤（adenine）、T代表胸腺嘧啶（thymine）、G代表鸟嘌呤（guanine）、C代表胞嘧啶（cytosine）。这四种碱基以线性方式沿着分子链排列，两条DNA以碱基配对的方式相互螺旋扭绞在一起：一条DNA上的A总是和另一条的T配在一起，而G总是和C配对。一条DNA上的碱基序列，以连续的三个字母所拼成的单词，构成一条讯息或是一个句子（基因学家把一个物种的整套DNA组合称为它的“书”）。

碱基的配对倾向是一种有用的特性。如果DNA分子溶液受热直到碱基间的键结断裂，那么成对的DNA链就会相互分离而自由流动。在缓缓冷却的过程中，这些碱基显然会相互碰撞，再度形成配对。因为配对的序列非常特殊，所以双链分子又被重新建立起来。如果一个物种的DNA和另一个物种的混在一起，它们的溶液被加热后再缓缓冷却，某一物种

的一条DNA链也许会发现另一物种的DNA序列与自己类似，从而这两条链可能会结合，形成混种。这种混种可以测量，各物种形成混种的比例也可以确定。如果两个物种的DNA在所形成的混种中占比很高，那么我们就会知道这两个物种的原始种关系密切，因为它们必然有非常多类似的序列。在非常多的案例中，由DNA分析所确定的物种间的亲缘关系与林奈的观察或预测相当吻合。

翅与风

各物种在各自的利基解决各自的问题，否则就会灭亡，而解决方法之巧妙各有不同，一如物种和利基的数量是变化多端的一样。一个物种解决了一个问题之后，当类似的问题发生时，它未必会寻求同样的解法。似乎，一种明智的植物，例如，在妥善解决花粉传播问题之后，也许会采用相同的策略来传播种子。但这种情况几乎从未发生。

花粉和种子的传播目的非常不同。树也许会发现，把花粉传得愈远、愈广，使其个体基因物质的散播概率最大化，这非常有利。但让一个苹果落在离母株非常远的地方，却未必是个好主意。授粉者为远方的树授粉之后，也许应该管好自己的事就行了，让树自己去照顾自己的种子。虽然在菌根床上，种苗难以生长，但生长在亲代附近对子代有利，因为它们的根会钻入与亲代完全一样的菌根床中。这不仅可以确保幼株找到合适的真菌，利用既有的地下网络分享养分，还可以使它们扩展该网络，从而让亲代和子代双双受惠。虽然在菌根群落里，大树好像具有更大的吸引力，以牺牲小树为代价，让自己更加茂盛，但事实上，就比例而言，大树对系统所贡献的碳水化合物比小树还多。母树事实上会照顾小树，就像熊或黄莺一样。而且，不进行自花授粉的植物，当被附近许多同种树包围时，显然活得更好。

虽然花旗松传播花粉和种子都要靠风，但要确保花粉被吹得愈远愈好，而让种子待在附近。花旗松的种子具有单翅，能在秋天御风而行，这在针叶树里颇常见，但不是所有针叶树都如此，因为花旗松的种子颇重，所以鲜少有种子能飞很远。有的针叶树根本不让种子四处漂泊。例如美国黑松把种子包在球果里长达七十五年，如果没有火来释放种子，球果就会从树上落下，种子还是待在里头，只有在球果分解之后，种子才会被释放出来。瘤果松的占有欲更强，它一直抓着种子，连树皮都长出来包住球果，一直要到母树死后倒在地上，种子才会被释放出来，而母树在腐烂的过程中，正好充当自己子女的堆肥。

其他的有翅种子和果实飞得更远。榆树和梣树的果实带有一对翅膀。结果，它们以回旋的方式慢慢降落，飞得比坚果还远。在北美洲东部的针叶林里，刚松并不是在秋季一次释放出全部的有翅种子，而是断断续续地释放，一直到冬季。种子落在冰雪上，继续被风和春季的径流带走。梭罗观察到了一粒刚松种子，它“就这样横渡我们的池塘，池塘宽半英里，我想，在某种情况下，它没有理由不能随风吹个几英里远”。例如，沿着结冰的河流，或跨越一片片草原。最大的有翅种子就是巴西斑马木的种子，其翅膀展开达十七厘米，种子以漂亮的角度盘旋，优雅地降落，就像滑翔机在无风的环境中飞行一样。

并非所有靠风传播的种子都有翅膀。有些具有降落伞——例如蒲公英的种子或南非银树的种子。有些则具有气囊，比如鱼鳔槐的种子，它们的种荚鼓起来，一旦脱离植株，就能在空中飘得很远。小型南极洲植物羽状槲寄生的雄蕊，把花药传到胚珠之后，就把自己重新排成羽毛状，连在种子上，就像帆一样。我们觉得风滚草不是种子传播的单位，但它们正是。当种子干燥后准备发芽时，风滚草会从自己的根部脱离，卷成球形，让风吹着到处跑，跨越平原，每次碰触地面时，就会散播种子。葫芦的种子似乎是为水运方式而设计的，但有些长在沙漠地区的葫芦的种荚却靠风传送。它们干燥后和空气一样轻盈，在沙漠中四处滚动，直到在一处湿润的地方落脚，希望是绿洲，当阳光将它们晒暖之后，它们就会爆开，把小小的黑种子散到风中。

靠水传播也一样很普遍，尤其在南纬地区，那里的地球表面大都为水，而且位于热带，水温暖、平静且富含养分。靠水运送的种子必须具备漂浮和防水的能力。有些种子还带有气囊以使自己漂浮，如鸢尾。有些种子的表面有一层软木，有些则有一层蜡，有的则是油。椰子是名副其实的小圆舟，可以漂流数年之久。落入海中的种子还必须耐盐。

达尔文在他肯特郡郊区的房子后方，开垦了几英亩的花园，他对种子传播的问题很感兴趣，并做了详尽的实验以了解其运作方式。在温室中，他设置了一个装满盐水的水槽，里面放了各种怪异的组合：裸露的种子、带荚的种子、死鸟嗉囊中的种子、未成熟的种子、熟种子、附在枝条上的种子和包在土壤里的种子。他试图证明，种子有能力从大陆漂到海岛上，或是从一个岛漂到另一个岛，而且还活着。许多植物学家怀疑种子有这种能力，因而提出了各种精巧的运送方法来解释，比如说，为什么欧陆的原生植物在亚速尔群岛也可以看到。陆桥是最常见的解释；有些人则郑重其事地提出，失落的大陆亚特兰蒂斯才是答案。达尔

文决定要弄清楚是否“我们无权认为，在现有物种存在期间发生了如此巨大的地理变化”。他认为我们确实没有权利这样认为。

他在《物种起源》中报告了他的实验结果。“出乎意料，”他写道，“（在盐水槽里）浸了二十八天之后，我发现在八十七个样本中有六十四个发芽了，而且有不少样本在浸了一百三十七天之后还活着。”干榛子浸了九十天还活着；干芦笋植株泡了八十五天，种子依然正常发芽。他得出结论，任何一个国家，都有百分之十四的种子，“也许可以在洋流中漂浮二十八天，而且还有发芽能力”。经他计算，这些种子能在海中漂流一千五百千米，而且到达后还可以长大成树。再加上许多由鸟嗉囊、鸟粪运送的种子，藏在附着于漂浮的树干上的土壤中的种子，以及被海洋动物吃进肚子里的种子——例如，加拉帕戈斯西红柿的种子只有在巨型龟的肠子里待过两三周才会发芽——可以看出植物把自己散布到远方，甚至跨越宽广海洋的能力，并不需要靠失落的大陆来解释。

达尔文对种子的过度生产与散播现象很感兴趣，因为这与他的自然选择进化论的假说相符。就某种意义而言，它们解释了一种产生新物种的方法。因为在原产地，只有一小部分的种子可以存活，于是植物产生的种子比所需的种子更多。即使是在一般年度，花旗松也有高达百分之六十的种子发育不良；而在荒年里，不良率提高到百分之八十二。剩下的大都落在不利生长的地点、被火烧毁，或是被昆虫、小鸟或其他动物吃掉。然而，有些存活下来的种子，在基因层次上有些微的变异，这使它们不再适合在原生地生存，而可能更适合在远方的环境，或是在不同气候下的环境里生存。当这些带有新基因组合的种子被风、鸟、兽、冰山、冰川的移动或其他方式带到远方时，它们可能会发现新环境更适合它们的遗传特性。起初，它们和亲代还是属于同一物种，但一段时间之后，当它们适应了新环境，它们和亲代就变成了近亲物种，它们通过亲缘关系清楚地揭示了自己和亲代物种的联系（例如，DNA链具有类似序列），但在隔离之下，它们最后异化成不同的物种，和原种交配，不再能产生具有繁殖能力的混种。

老熟林群落

我们这棵树二百五十多岁了，如今已成了老熟林的一部分。花旗松老熟林和新生林有许多不同之处。老熟林由同龄树和枯立木（矗立的死树干，没有树皮或枝条，通常中空）所构成。虽然该森林被数百岁的花旗松主宰，但林下叶层却有其他的树种等着篡位，因而使得林地经年保

持阴湿。在少数几处巨木倒下所留下的开阔空间里，下层的阔叶树和灌木（藤槭、美莓和越橘）就赶紧利用这难得的阳光。在蕨类植物所覆盖的林地中，躺着杂乱的落枝和大树干，它们处在不同的腐烂阶段。飞鼠住在枯立木中，其排泄物堆满了中空部分。鸟类王国也变了。当一片森林在五十到一百岁时，它可以支撑在低树枝结巢的鸟类，如斯温氏夜鸫、黄眉林莺和黑头威森莺，而二百五十岁的森林就成了在树洞或松垮的树皮底下结巢的北美蚊霸鹟、褐色爬刺莺、北方山雀和各种鸫科鸟类的家。这些鸟都以昆虫为食，因此，在决定何种昆虫得以繁衍、何种昆虫会受到抑制时，它们扮演着重要角色。

我们这棵树所在的地区，有一百四十种食叶昆虫，它们一般专吃针叶树的叶子，其中有五十一种专吃花旗松，包括黄杉大小蠹、黄杉毒蛾、冷杉锯角叶蜂、褐线尺蠖、绿斑林尺蠖、伪铁杉尺蠖及西部黑头长翅卷蛾。西部云杉卷蛾在此地尚未构成虫害——直到一九〇九年首次爆发，才被记录了下来。在所有树中，食叶昆虫既吃叶子也吃嫩芽，而嫩芽原本可以长成针叶、新枝和球果。在十月，花旗松上的伪铁杉尺蠖会将卵产在部分针叶的叶背上。当幼虫于五月下旬出现后，它们立刻开始大吃针叶，一直吃到八月中旬化为蛹为止。九月，成虫出现，交配并产卵，周而复始。一旦被伪铁杉尺蠖侵入，如果不加以控制，那么只消几年它们就可以让一棵像花旗松成株一样大的树死亡。幸好，对树而言，有许多鸟类会吃这些昆虫的幼虫，包括松雀、北美蚊霸鹟、黄腹比蓝雀、松金翅雀、雪松太平鸟，以及各种莺、鸫和麻雀。

树也会从其他的外部资源得到帮助，而有些外部资源令人意外。例如，木蚁一般被认为会破坏树，但它们所破坏的大部分是已经倒下且开始腐烂的木材。事实上，有些物种还会帮树吃掉食叶昆虫的卵、幼虫和蛹。这相当合理，因为一年当中，蚂蚁大多数时候要依靠健康的树。虽然木蚁在倒于林地上的腐烂树干的软木上，建立了庞大的群落，但它们要花很多时间在树冠上搜寻食物。除了吃昆虫之外，它们还要管理蚜虫养殖场。许多木蚁的食物包括“甘蜜”——蚜虫肛门所分泌的过量的糖分和排泄物。木蚁于秋季收集蚜虫卵，在冬季把它们储存在群落中。到了春天，它们再把蚜虫卵搬到树上使其孵化，然后整个夏天管理并榨取它们。它们甚至还保护被豢养的蚜虫，使其不受掠食者攻击。中南美洲有一种被称为畸腿弓背蚁的木蚁，它与植物发展出了更进一步的共生关系，它会在雨林的树冠层建立“蚂蚁花园”。这是用植物碎屑做成的紧密、中空的球状体，里头填了土壤，卡进树干分叉处。在这种巢里，蚂蚁放了它们爱吃的植物种子——凤梨科植物、无花果、胡椒属植物，这

些植物就在花园里发芽、生长。在它们所照料的植物中，有些除了在花园之外，在别处看不到，这表示蚂蚁必然把这些植物的所有种子都收集了起来，然后年年重新播种。

花旗松林里的木蚁为莫多克弓背蚁，是一个庞大而复杂的生态网络的中心，联结植物、其他昆虫、鸟类和哺乳动物。它们是森林里主要的土壤制造者，取代了蚯蚓，把大量的土壤移到地表，把木材纤维和掉落的针叶分解为腐殖质，再和矿物质土壤混合，使其通气并改善排水。它们参与许多植物的种子散播工作。它们吃叶蜂和毒蛾幼虫——据一九九〇年的一项研究估计，它们让华盛顿州和俄勒冈州森林中的叶蜂蛹减少了百分之八十五。林地上的每一块腐木几乎都有木蚁窝，有些窝里的工蚁多达一万只。因此，木蚁在森林总生物量中占了相当大的比重。难怪哈佛大学的蚂蚁专家威尔逊说，虽然人类灭亡会造成少数在我们腋下、腹股沟或体内生活的生物消失，其他生物则会大量繁衍，但如果所有的蚂蚁都消失了，这就会导致整个生态崩溃。蚂蚁是黄羽轴扑动鴷的主要食物，而且是灰熊六月中旬到七月底的营养来源。

由于熊是杂食性动物，从臭菘、荨麻到大角羊，它们什么都吃，它们的栖息地非常广，北美洲从南到北，从西到东，都曾经是它们的漫游范围。一只灰熊需要很大的区域作为它的家，但人类正越来越多地侵入它的栖息地。今天，大多数灰熊都在山区活动，但以前平原上也有大量的灰熊，东到北美洲东岸，南到得克萨斯和墨西哥，它们到处以野牛为食。魁北克和拉布拉多北部都曾发现过灰熊的头骨。

灰熊的祖先曾经确实跨越了白令陆桥，它们是在上一次冰河时期的高峰之前，跟着迁徙的驯鹿和野牛群通过的。在阿拉斯加沿海的威尔士亲王岛上的一个洞穴里，曾经发现了三万五千年前的灰熊骨。沿着整个太平洋海岸，沿海原住民和欧洲人都以熊的故事来向自己解释或吓唬自己：白熊、黑熊、蓝熊、棕熊、灰熊。熊大到当它们爬上山时，拨下来的泥土会造成河流改道。熊变成人、熊变成岛屿。从北方来的熊以后脚走路，留下了像神秘人一样的脚印。脚印中的脚掌和脚趾一样长。一八一一年，戴维·汤普森划着独木舟从阿萨巴斯卡河顺流而下，他看到熊的脚印，认为那一定是长毛象的脚印。他的原住民向导所称的“萨斯科奇”，其实是山区野人的意思，被他翻译成“长毛象”。

当花旗松种子静静地落于林地时，在我们这棵树的基部附近，一只过去三天来一直在磨腐木找木蚁吃的母灰熊，突然往上跑，到山上的草地那儿大啖蓝莓。大型动物很少长期居住在老熟林里，林地上杂物太

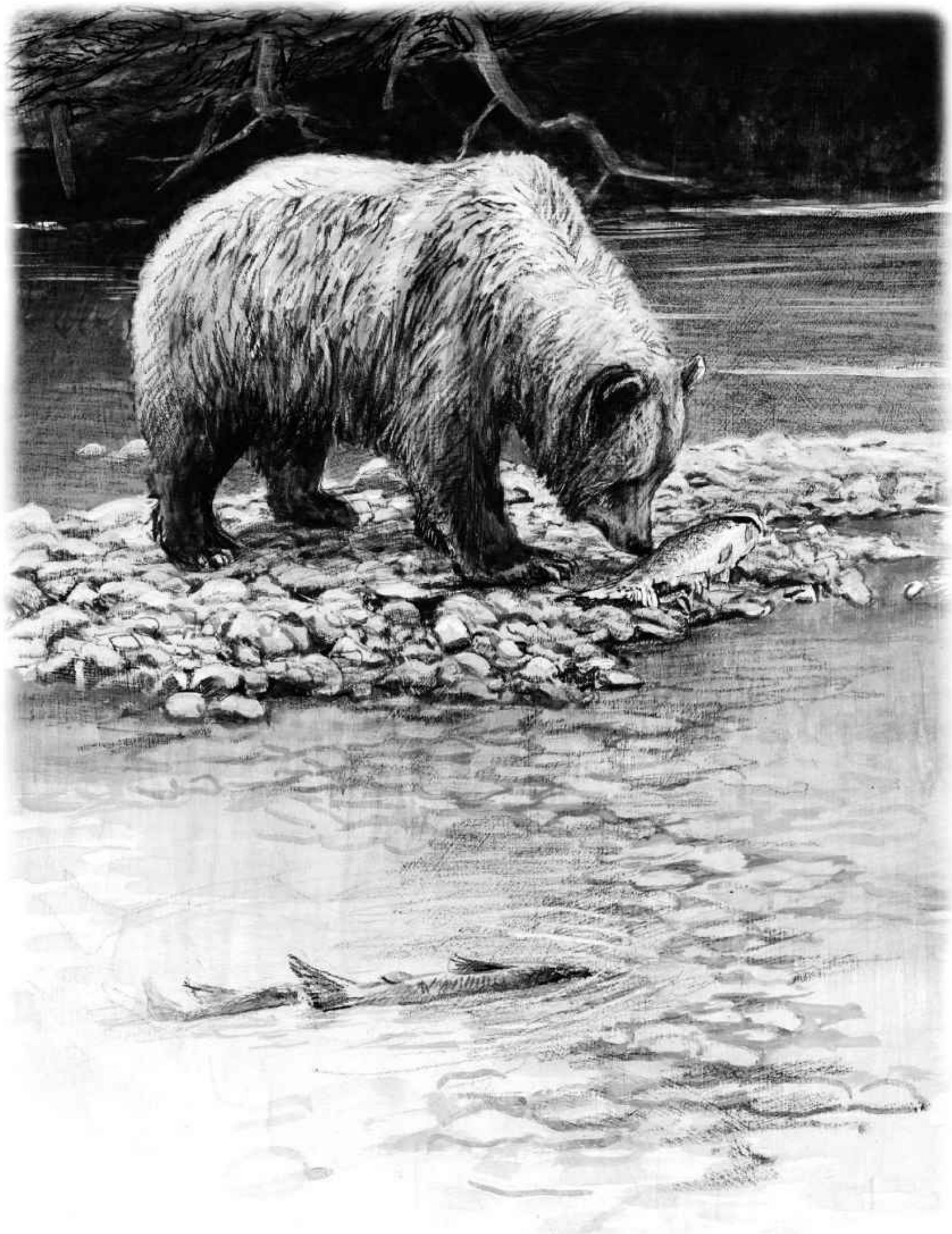
多，很难活动，而且又阴又湿，也不适合草食性动物在此觅食。黑尾鹿和美洲赤鹿喜欢高处的草地，因此，灰熊也跟着喜欢。然而在夏季期间，大熊主要以植物为食，深入凉爽的森林中，找寻溪边的蕨类植物和毛茸茸的北美独活来吃。但它们因为没有像鹿和美洲赤鹿等反刍动物一样的消化道，无法反复消化食物，所以一天要吃四十五千克的植物才能保持健康。对小母熊而言，那几乎是它体重的三分之一。这就是为什么它会改吃蚂蚁，或是机会出现时，就吃老鼠、田鼠和道氏红松鼠以补充蛋白质。

当鲑鱼开始回到它们出生的河流时，从八月下旬到十一月，这只母熊就成了渔夫。鲑科鱼类——在太平洋西北部共有九种：红大麻哈鱼、大鳞大麻哈鱼、银大麻哈鱼、细鳞大麻哈鱼、大麻哈鱼，以及山鳟、金鳟、阿帕切鳟、硬头鳟——是溯河产卵洄游的鱼类，即成鱼在海洋中生活，每年回到淡水溪流中产卵。

鲑科鱼类在北纬四十度地区的沿岸共有九千六百个个体品种或种群，每个种类中的数亿只成员，从流入太平洋的一千三百条河流和小溪里逆流而上。当鲑鱼回到它们出生的水域时，整个森林群落都大快朵颐。从海豹和虎鲸在海湾和河口捕食它们，到鸟类和哺乳动物所发起的进攻，一直延伸到它们产卵的砾石区，鲑鱼和它们的卵以及后代喂养了无数的其他生物，包括人类。

在我们这棵树附近的溪流里产卵的细鳞大麻哈鱼特别适应老熟林，那里浓密的树冠遮住直射的阳光，让水保持低温状态。以腐败植物为食的细菌、真菌和无脊椎动物可以作为孵化后的鲑鱼苗的食物。水中的倒木和枝条不只会成为水流的小障碍，增加水流含气量，还会创造柔软的沙砾沉积床供鲑鱼产卵。森林树木的根抱住土壤，使可能会堵塞干净砾石床的侵蚀作用受到抑制。鲑鱼需要森林，当树林被砍光时，鲑鱼的数量就直线下降。

沿海的花旗松林为温带雨林，那里的土壤富含矿物质但缺氮，缺乏氮是限制植物生长的常见因素。然而这里的树和热带雨林一样，长得又高又粗。氮有几个来源，大部分来自空气，细菌和植物把空气中的氮固定于土壤中，或是来自长在树上的地衣。但花旗松林还有很重要的一部分氮来自海洋。



鲑鱼溪畔的灰熊

来自陆地的氮具有同位素^{14}N的特征。在海洋中，较重形式的氮，^{15}N，则比较常见。位于不列颠哥伦比亚省的维多利亚大学的生态学家汤姆·莱莫什，一直在追踪鲑鱼和氮的海洋同位素的命运，这二者都从海洋行进到森林。有五种鲑鱼（大鳞大麻哈鱼、银大麻哈鱼、红大麻哈鱼、大麻哈鱼和细鳞大麻哈鱼）在离开它们出生的河流后，会在海

洋里生活二到五年，它们进食生长，在身体组织里累积^{15}N。回到淡水中产卵时，它们被渡鸦、白头海雕、熊、狼和其他动物，诸如昆虫和两栖动物所食，然后这些动物再把富含氮的肥料排放在森林里的各个地方。熊大部分在夜间进食，它们是独居动物，会把鱼带到离河边二百米的地方独自享用。熊喜欢吃最好的部位——脑和腹部，然后再回到河边抓另一条鱼。在一季之中，一只熊会把六百到七百条鲑鱼尸体散布于整个森林，并沿路大小便。鸟类和其他动物则把15N散得更远。莱莫什发现溪水和河流边的植物富含^{15}N，并证明了树木每年年轮里^{15}N的含量和当年鲑鱼洄游的规模具有相关性。沿着溪畔和河谷，鲑鱼形成了一条大动脉，每年给森林供应氮。

甲虫和蛞蝓吃熊留下来的鲑鱼尸体，寄蝇、麻蝇和丽蝇则把卵产在腐烂的鲑鱼肉上。不出几天，每具尸体的残肉上就爬满了蠕动的蛆。这些幼虫一旦长大，便掉落在林地上，在那里钻洞，躲进蛹里过冬。到了春天，数十亿只飞蝇出现，正好赶上北方鸟类的迁徙。鸟吃了大量载有15N的苍蝇。蜣螂把熊和其他狼的粪便埋在森林的腐叶堆里。同样，许多鲑鱼在产卵之后就死亡，沉入河底，很快就被覆上厚厚一层真菌和细菌，然后真菌和细菌反过来又被水生昆虫、桡足动物和其他无脊椎动物吃掉。当小鲑鱼从砾石中出现时，水中充满了可以吃的生物，这些生物含有来自它们父母的丰富的15N。莱莫什生动地展示出森林和鱼彼此相互需要，在一个独立的、相互依赖的系统中，将空气、海洋甚至于整个半球联结起来。

树冠层上的住民

在鲑鱼洄游的高处是浓密的树冠层，蚂蚁和一大群其他的生物就占据在此处，我们可以称之为地球的高楼层，这里有点像盘踞在离森林地表六十米高的仙境。花旗松每年约有三分之一的针叶会掉落（可能有两千万枚），其中有许多掉到地上，但也有不少落在宽广的高层枝条上，并留在那里。几年之后，这些针叶堆形成相当大的垫子，厚达三十厘米，总覆盖面积达数百平方米，上面聚集了许多生物，它们和森林的地表生物一样，忙着把植物屑转化为土壤。然而树冠上的杂物堆和森林地表上的不一样，它们会被暴露在阳光和雨中。最后，树冠层里腐烂的垫子变成肥沃的土壤，庇护整个由植物、脊椎动物、真菌和昆虫所构成的群落，完全独立于地表之外——它成为一个独特的生态系统，一个最近才为人所知的生态系统。

这个美丽新世界的中心是那些属于节肢动物门的动物。地上的节肢动物，我们大都把它们叫作虫：蜘蛛、螨虫、马陆和昆虫。昆虫有三对腿，从每一节都有一对腿的多节动物演化而来。经过数千年，前几对腿演化成颚和触角（在黑腹果蝇的突变中，触角又变回从头部穿出的腿，揭示出该物种祖先的起源）。节肢动物有数百万种，最近的研究发现，花旗松林的树冠层里就有多达六千种，其中至少有三百种是新种，这使其成为亚马孙雨林以外的最大的物种多样性种源库。有些物种，如微小革螨，在南美洲、北美洲都未曾被发现，只有在日本曾被发现。还有一些物种在地球上已经找不到了。每棵树都有自己特有的昆虫群落，这是一群丰富而多样的野生生物，包括所有所谓的“植物依赖集团”：掠食者、猎物、寄生者、食腐者，甚至“观光客”——例如蚂蚁，它们住在地上，只是路过而已。在某些案例中，例如在热带雨林里，整个物种就局限在单棵树上的单个垫子里。每当一棵树倒下，数十种独一无二的节肢动物就跟着灭绝。



土壤是陆地上的海洋。土壤和海洋都是光合作用生物的摇篮，它们也都被节肢动物所主宰。海洋中的节肢动物是甲壳纲动物——蟹、虾、龙虾，和各种水蚤、虱、沙蚤。在土壤里，节肢动物的位置上填满了蜘蛛、螨、甲虫和跳虫。在树冠的垫子里，蜘蛛是主要的掠食者。有些只有二十毫米长，以丝状蛋白质建造复杂的网子，捕抓蝇、蛾和同是住在垫子里的七十二种地螨。螨是微小的生物，在森林群落里的主要功能为分解植物碎屑，使其成为腐殖质。跳虫为弹尾目生物，其族群虽小，但也出现在这种土壤中。螨和跳虫在各种土壤中挖掘自己的通道。在露天草地上，两立方厘米的土壤中通常藏有多达五十只螨和跳虫；而在森林里，有着厚厚的落叶堆保持湿度并且还拥有许多开放空间，其数量可能是露天草地上的二倍。在树冠上的垫子里，其环境更接近于露天的田野，其密度与草地相当。

螨有四对腿，属于蛛形纲动物，而跳虫有六条腿和一对触角，比较像昆虫而非蜘蛛。约翰·卢伯克爵士是达尔文的邻居，有时候也是协作者，他对跳虫的主要运动方式非常着迷，于一八七三年最先这样描述跳虫："下腹有一叉状器官，从尾部附近开始，大多数向前伸到胸部。"受到惊吓时，跳虫会把这有力的器官放开，跳到空中，有时能跳十五厘米高，相当于人类一跳就跳了六个足球场那么远的距离。卢伯克把跳虫归为昆虫，但这只因它们有六条腿。他补充说，未来的昆虫学家一定会认为它们是其他东西。美国自然学者霍华德·恩赛因·埃文斯同意这点，从其跳板运动方式来看，"它们似乎代表了一个六足动物的不同而独立的尝试"。其下腹分为六区，而非真正昆虫的十一区，它们缺少昆虫纲动物的某些体内特征。然而，蝾螈才不管它们是什么东西，至少在陆地上，蝾螈无论如何都会吃掉它们。在树冠层上，跳虫和螨、蜘蛛会被大型蜘蛛所结的球状网抓到，或为红胸鸸所食。

鸟粪、啮齿目动物的排遗物、蜕下的蛇皮、昆虫的排泄物、新鲜植物体、加工完成的腐殖质、雨和阳光，制造出肥沃的土壤。事实上，这土壤非常肥沃，以至于花旗松自然地从枝条上长出"不定根"以吸收养分。在石炭纪时期，当时根茎型的蕨类植物正要转变成树，根从躺在地上的枝条上冒出芽来——它们的枝条在地上伸展，而非向空中伸展。在森林树冠层的垫子中，埋在垫子里的顶端分生组织发育成根而非枝条。这些根的作用和地下根的作用完全一样，它们吸收空中土壤里的水分和矿物质，并产生支撑固定作用。地下土壤里的氮是通过数百年前红桤木里的细菌的固定而形成的，而红桤木早已消失，当土壤里的氮渐渐用尽

时，这些埋在空中土壤里的新根适时发挥作用，这或许不是出于偶然。

这次，氮来自地衣。在老熟林里，花旗松枝条的上侧如果暴露在空气中，它就会被覆上一层厚厚的黄绿色地衣（枝条下侧的阳光较少，通常长满了苔类和藓类）。树冠层上的地衣和树的关系可以看成是地下菌根真菌网络的空中版，这两种方式的功能相当类似，组成它们的物质也差不多一样。

地衣不是我们所认识的普通植物，它由两种与植物相关的生物构成——真菌和藻类。地衣是一株真菌包住一株藻，两者共同运作，成为一个单一的实体。因此，它是一种活化石植物，直接联结到原始海洋光合作用者，它们在原始海洋中开启生命把氧气填入地球的大气中，后来爬上陆地，成为维管植物。地衣是藻类适应陆上生活的另一条演化路径，其中约有三十七属的地衣与十三目的子囊菌，即带“囊”的真菌，形成了共生关系。真菌有根，可以吸水，藻类则进行光合作用，为这种生物的两个部分提供食物。它们相互结合，成为一个生物，分享彼此的功能和产物。这种共生关系非常成功，因此全世界有将近一万四千种地衣，它们生存的栖息地非常广，从南极洲到热带地区都有，它们也适应不同的气候，从沿海雨林到高山草地，它们也存在于从卵石、木造建筑到昆虫背部的每一种基质上。

地衣是极好的共生教学课程。一种真菌以其菌丝包住藻，菌丝尖紧紧地压在藻的细胞壁上，以微小的指头，即吸器，穿入细胞。藻通过光合作用产生糖分，真菌取走一部分——通常留下足够的糖分让藻细胞维持生命——还把水注进细胞里。真菌为藻遮阴，使其不受太强烈的阳光的伤害，并强化其光合作用的表面。到目前为止，这一切全都是共生关系。然而，在某些案例中，真菌拿走太多的糖分而导致藻细胞死亡——地衣之所以生存，只因藻细胞的繁殖速度比真菌杀死它们的速度还快。严格地说，这并不是互惠关系，更精确的说法是“控制性寄生”。

长在花旗松林冠层的地衣是俄勒冈肺衣，或称莴苣地衣，为一种肺草属植物——枝干上部是肺衣，底下是苔类。我们称之为肺衣是因它们的组织很像肺的内部，而且它们经常被作为治疗肺结核和气喘等肺部疾病的药。普林尼的《自然史》的十七世纪的英文译本中写道，地衣“对治疗破裂或皲裂有神奇效果”。一公顷的老熟花旗松林可以支撑上吨的肺衣，其真菌控制着绿藻和蓝藻。地衣靠小钩子附在树皮上，当雨水从枝条往树干流时，地衣就加以拦截，抽出水中的氮，然后把水放掉，任其流到地上。当地衣死亡时，它就从树上掉下，落在树冠的垫子上或地

上，这两种方式都会把地衣所积存的氮释放到土壤里。地衣取代了红桤木，成为有效的氮素固定者。地衣每年向每公顷森林供应高达四千克的氮——森林所消耗的氮量的百分之八十。地衣也就成为花旗松林群落的生物链里的重要一环。

现在，我们这棵树高达八十米。它的第一分枝长在四十米处，分枝的基部厚度为四十厘米，在成熟的森林里散布出宽广的锥状树冠。这片老熟林已经接近三百年了。这里一直经历着干旱与洪水，饱受着大量昆虫的侵袭，也承受着暴风雨的冲击。冬季愈来愈冷。树冠的垫子支撑着数以吨计的湿雪，它们对枝干所造成的压力似乎在逐年增加。根部在极为湿冷的状态下过冬。一两根枝条已经断落，树干上所留下来的树洞开始软化，成为真菌和昆虫入侵的通道。我们已经知道，树实际上无法抵挡这些侵袭，它只能隔离受害部位，重新调整养分通路，并封锁入口。一旦发生入侵事件，它能暂时加以控制，却无法复原。我们这棵树现在正怀着迈向死亡的种子。

第五章
死亡

树虽然死了，它的生命却还没结束。……即使树已经停止了所有的新陈代谢活动，它也不会倒，而是以枯立木的方式矗立着。……在大自然中，死亡和腐烂支撑着新生命。

> 这棵孤零零的树！——鲜活的生命
>
> 缓慢生长而不易衰老，
>
> 其造型和外观是如此壮丽
>
> 而难以被摧毁。
>
> 华兹华斯《紫杉树》，一八〇三年

到目前为止，树跻身地球上最长寿的生物之列。有些针叶树，如北美红杉和较南端的巨杉，可以活到三千岁——一八八〇年，缪尔声称他在一个巨杉的树桩上数到了四千道年轮。北美洲最老的树是一棵狐尾松，它现在位于加利福尼亚州的因约国家公园，可能有四千六百岁了，大家以《旧约》中长寿的玛土撒拉称之。一九五八年，一名来自亚利桑那大学的生物学家在同一个公园里发现了十七棵四千岁以上的树。墨西哥查普特佩克的一棵柏树被认为超过了六千岁。日本屋久岛上的一棵柳杉通过碳素测定年代法，被判定为七千二百岁。热带树没有年轮，较难测定年纪，但加那利群岛上的龙血树，一般被认为超过了一万岁，而澳大利亚有些苏铁（同为裸子植物）被认为有一万四千岁，而且还活着，虽然某些专家宣称这过度夸大。

既然树是如此长寿，那我们这棵树才五百五十岁就老态龙钟，这似乎有点惭愧。但它的生存环境和那些长寿的同侪比起来，没那么优渥，它活在湿冷的气候里，需要耗费大量的能量。由于树干的周长、树冠以及枝条的长度和高度每年不断增加，树每年的生长量也就必须逐年增

加。在植物学中，这个现象称为红皇后效应，树必须愈长愈快，才能保持不退步。新芽需要水分供应，其位置一年比一年远。春季的生长量逐年增加，而新生部位成为昆虫侵袭的标的，于是在冬季须医治的伤口也就逐年增加，而且要在它们成为鸟、蚁和腐木性真菌的入口之前进行治疗。如果没有这些侵扰，我们的树就可以永远活下去，但在森林里，它不可能避开这些问题。

除了昆虫侵袭之外，就目前所知，花旗松还容易受到三十一种其他植物攻击的影响。这些大都为真菌疾病，如褐色干腐病或花旗松落叶病。对这些疾病不可掉以轻心。和菌根真菌一样，病原性真菌通常专攻于单一的寄主物种，而在极端的环境下，它可以把该物种在地球上的每一个个体都消灭掉。美国榆以前是北美洲城市景观的代表，它被一种甲虫所携的真菌攻击而一病不起。曾经在东部落叶林里最受欢迎、最华丽的美洲栗，则是另一个具有代表性的例子。该树的分布范围从缅因州到亚拉巴马州，其树干直径达四米，树高达四十米。其果可食，裹着褐色、像苏联人造卫星似的毛刺，秋季落果，冬季供人捡拾。“我喜欢捡栗子，”梭罗在一八五六年十二月的日记里写道，“只是为了感受大自然送给我的丰厚礼物。”东部人以烤栗子作为冬天固定的主食。“整个纽约都在捡栗子，”梭罗补充道，“栗子不只被用来喂松鼠，它还是车夫和报童的食物。”然而，在该世纪结束时，一种庭园栗树苗自亚洲进口，这些树苗带有栗疫菌，它会引起茎腐病。这种真菌对本土的栗树具有毁灭性的影响，不到五十年，几乎连一棵美洲栗都看不到了。

在西海岸这边，引起根腐病的真菌有许多种，例如，松干基褐腐病菌会引起层状根腐病，对花旗松的危害特别大，虽然它也会感染大冷杉、太平洋银杉、亚高山冷杉和高山铁杉。这种真菌通过树木的根部传染，从已感染的树，通过树与树的根部相互交叉、生长在一起的地方，传给另一棵树（而非菌根合作的方式）。接种源会侵入树的活形成层，往上传布，离地不超过一米，但感染后的初期病征却一直蔓延至树冠，整棵树显得发育不良而偏黄。在感染后的一年内，球果开始发生不熟就落果的现象，这表示该树的繁殖年已经结束。

当入侵者长满之后，低处树干的树皮似乎永远潮湿、暗淡、呈水浸状，好像这棵树得不到温暖和干燥似的，的确这棵树无法得到温暖和干燥，因为真菌已经把它的木质部和韧皮部的通道塞住，阻止食物和水分的运送。腐烂处渐渐扩大，一旦渗入根部，树的木材就会变成树浆，而低处树干的年轮会开始变成一片片的，相互剥离，宛如圆弧状的页岩一

样。没多久这棵树就会死亡，但它还会当个枯木矗立好几年。枯立木没有叶子，成为鸟类的理想栖所，它们可以观察四周是否有猎物或掠食者出现。一旦被感染，一棵千年老树只要二到三年就会死亡。树失去了强壮的根，无法抓住地面，强风一吹便应声而倒。

多年异担子菌会引起干基腐朽病，这种真菌的孢子常年在空中飘，能够通过树木根部和茎部的伤口入侵——枝条掉落后的伤口、邻树倒下所擦撞的伤口、啄木鸟啄出来的伤口。这种真菌一旦入侵，就会慢慢地把树木的心材腐蚀为白色纤维块，其周围裹着海绵状的外壳。最后树干就被掏空了，通往根部的养分供应路线被入侵者截断，根部死亡，树倒下了。

这棵树的枝干可能已经感染了花旗松落叶病，它由皮裂盘菌属所引起，起初只是在该树春天新叶的叶背上显现出微小黄斑。当年不会发病，但冬季时，随着真菌孢子把菌丝探入气孔并偷吸针叶的冬天汁液，黄斑转为暗赭色。很快，除了最新的叶子之外，树的针叶全部掉落，而新叶上同样带着不祥的黄斑。在夏末之前，这批新叶同样会自动脱落。一旦被感染，树就死定了。

对观察人员来说，花旗松矮槲寄生所引起的症状最为明显，这种矮槲寄生只长在花旗松上。它是一千种常见的绿色寄生植物中的一种。根据欧洲传统，有些人在圣诞节时喜欢在其下方接吻。鸟类很喜欢槲寄生的浆果，从而以排泄物为其散播种子（槲寄生的英文mistletoe来自德文mist“粪便”和古英文tan“细枝”，即一只鸟将粪便拉在小树上，一两年之后，人们就可以在下面接吻了）。东部的变种黄叶槲寄生，生长于新英格兰南部的密枝上，横跨长度达一米，而矮槲寄生一如其名，很少大于二或三厘米。它是完全的寄生型，无叶绿素，雌雄异株。春天时，雄株会从长着雌株的树上散布孢子。到了秋季，雌株长出带有种子的深褐色或紫色浆果，当浆果成熟时，雌株靠着隐藏式弹簧，把果子弹到十五米外的邻树上。种子被包在黏浆里，可以黏在寄主的树皮上，种子一旦发芽，就把微小的吸根，也就是吸收养分的分支，伸进寄主湿润的韧皮层里，开始吸食。吸根由于从寄主那里吸取了大量的水分和养分，胀得非常大，这导致树木的受害部位变形、扩大。一旦被病毒侵入，所形成的一环细芽条（雄株），就使得树木更加衰弱。如果幼树被暴风雨折断的话，通常它会从槲寄生向上长芽条的地方折断。有时候我们称此景象为女巫的扫帚，因为剩下的部分看起来就像一把手柄被插在地上的扫帚一样。

青草人

花旗松槲寄生和花旗松、道氏紫菀、道氏龙胆、道氏卜若地、道氏荞麦及道氏洋葱一样，都是一八二五年戴维·道格拉斯第一次在太平洋沿岸进行植物探勘时所采集的物种。太平洋沿岸的原住民称他为“青草人”。当地人虽然一开始认为他很可疑，但后来知道他不会伤害人，就随他去了。他眼力很差，经常跪在森林的空地上，对着空无一物的东西兴奋地大喊大叫。他于一七九八年生于苏格兰的珀斯，年轻时曾经在夫法区的邓弗姆林附近担任罗伯特·普雷斯顿爵士的园丁，当地现在依然热衷于观赏用草，一八二〇年，他在格拉斯哥皇家植物园当威廉·杰克逊·胡克的学徒。三年后他以采集员的身份加入了伦敦园艺协会，并三次奉派到北美洲来。这次是他的第二次行程，在茫茫大海中昏天暗地地航行了八个月之后，他下船进入了哥伦比亚河的河口。“真的，”他在日记中写道，“这是我这一生当中最快乐的时刻之一。”

如今要进入这片广大的森林，他发现，他根本就没做准备。他记下他所发现的糖松，这是全世界最大的树之一。一株倒下的标本高达七十五米，基部周长为十七米。离地四十一米处，树围还有五米。为了保存活球果，他相中一株矗立着的活标本。“由于我爬不上去，也没办法砍倒这棵树，我只好开枪将它们射下，我的枪声引来了八名印第安人，他们个个都以红土文身，带着弓、箭、骨矛和石刀。”道格拉斯冷静地向他们解释他要找的是什么，没多久，这八个人就帮他采集球果。

他碰到花旗松的过程没有那么戏剧性，但同样令人难忘。“树高得出奇，”他写道，“非常笔直，具有冷杉属所特有的锥状树型。这种树群聚或独自散布在干燥高地薄薄的石砾土壤上或者多岩石的环境中，树上悬着宽广的枝条，将土地厚厚地盖住，在这样的地方，这些树是如此巨大，而它们保持紧凑的习惯又如此一致，它们是自然界中最令人惊艳、真正优雅的物体之一。”森林里的树长得更高，但爬不上去，因为它们最低一层的枝条位于四十二米高的地方。他量了一棵倒下的标本：“全长六十九米，离地一米高的树身周长为十四点六米，离地四十八米高的树身周长为二点二三米。”在哈得孙湾公司一栋大楼后面就有一棵树桩，其离地一米处的周长为十四点六米，没有树皮。“这棵树被烧掉了，”他写道，“以腾出空间给更有用的蔬菜——马铃薯。”

一八二九年到一八三四年是他的第三次也是最后一次行程，他把基地设于温哥华堡（现在华盛顿州的温哥华市）。这次，他的视力恶化得相当严重。他请人带植物给他，他自己也会带一些，这些植物大都以独

木舟沿着锯齿状的海岸运送。两年后，他决定经由西伯利亚回到英国，由一名向导带领，他带着所有的标本和笔记，坐着独木舟沿着内海航道往北走。他们一直走到了弗雷泽河，但他的独木舟在此翻船，他遗失了四百份标本，还差点丧命。回到温哥华堡后，他决定走安全的路线回家：取道夏威夷。他在夏威夷待了十个月，本来还可以待得更久，但一八三四年七月十二日，他在采集植物的途中，跌进了动物陷阱，被一只发狂的野猪用犬齿刺死。那时他才三十六岁。当时科学界所知的九万二千种植物，由道格拉斯发现并采集的就有七千种。

枯立木与斑点鸮

树木结子高峰的次年是歉年，因为它已经精疲力竭了。其所储存的碳水化合物大都被种子带走，在一个真菌菌根的群落里，如果有二到三棵树在同一年大量结子，整个群落就会被消耗殆尽。在春天，新针叶尚未长出来之前，淀粉储存室就已经空了。而当年夏季干旱，加上过热，蒸发率很高，阳光过强，这些都会抑制光合作用，让新针叶生长不良、新芽成长缓慢、生长素产量低所造成的问题更加恶化。接着，冬季所带来的低温期，使零下十摄氏度的气温延续了一到数周，树可能会虚弱到撑不过去。树并不是被某个敌人杀死的，但很少有树能够抵抗住连续几年的一连串的、集中的、从各个方面同时袭来的压力。

那是一八六七年，这一年，墨西哥皇帝马克西米利安被处决；俄国以七百万美元把阿拉斯加卖给美国；卡尔·马克思出版《资本论》；意大利红衫军在加里波第的领导下二度进军罗马失败；加拿大自治领依据《英属北美法》成立。尽管我们的树有化学兵工厂的防护，但当针叶在春季里显现出警告性的橘色时，这也并不令人意外。最有效的杀死病原体的化学药剂是开花植物所生产的，开花植物就是被子植物，它们在根腐性真菌和食叶昆虫出现在演化舞台上之后，才演化出来，并大量繁衍。演化的过程是，裸子植物先出现，接着出现吃裸子植物的昆虫和真菌，然后再出现被子植物，它们在竞争中远胜于裸子植物，因为它们会生产次级化合物，这既能吸引也能驱逐昆虫和真菌——它们主动控制敌人，而不是靠敌人手下留情。数个压力同时出现的不幸巧合，使我们这棵树的免疫系统弱化，让昆虫和真菌病原体得以越过边界的安全关卡，蔓延到首都。我们这棵树已经签下了自己的不平等条约。没有一棵树会因年老而死，更没有一棵树能长生不死。

氮是限制树木成长的主要因素，死亡是由于长期缺氮。氮也是昆虫想要而真菌拥有的东西。因此，当树遭受昆虫或真菌或二者的攻击时，

它的第一个本能就是保护氮。当一枚针叶变为橘色时，树会放弃去救这枚针叶，而选择去救叶子里的氮，把氮送到其他尚未感染的部位。我们承认这于事无补，但树里面只要还有活细胞，它就会继续挣扎。

在某种程度上，努力去拯救一枚针叶是一种不必要的能量消耗。老针叶会掉落，长出的新针叶却更少。昆虫幼虫啃食新芽；真菌散布到心材里，并向下传到根部。我们这棵树在真菌把通道堵塞之前所做的最后一件事，就是将其仅存的次级化合物，也就是其化学兵工厂，通过菌根真菌送到根部，并传到邻树的根部，其中一些应该就是它自己的后代。在这场令人鼻酸的戏剧中，我们的树即将死亡，但它把剩下的化学武器搜集起来，送给群落，从而使它未来的基因有些许改善，在面对入侵者时，有更佳的防卫机会。

死亡是树木生命循环的一部分。树木的生长，会把活形成层变成死掉的心材。许多生物也展现出类似的死亡—存活循环，例如在人类的胚胎中，依照生长计划，某些在生长中的肢芽里的特定细胞会死亡以形成凹口，最后成为指头中间的空隙，而蝌蚪尾巴的细胞则在死亡后被吸入变形中的躯体里。我们这棵树的生存策略是以次级化合物填满心材中的细孔，以防止腐烂，但这种策略不是永远有效的，昆虫甚至真菌的演化速度比树还快，并且它们还建立了许多突破这种化学防线的方法。细胞壁被破坏，系统耗竭，树体一环又一环地被真菌侵入而转红，成为一层湿树浆。树即使处于最活跃的阶段，也只有大约百分之十的部分是活的。死亡就是这个比率逐渐下降的结果。



枯立木上的白头海雕

然而，树虽然死了，它的生命却还没结束。树没有明确的死亡时刻，动物则有：咽下最后一口气时，或是心跳停止、脑部缺氧时。即使树已经停止了所有的新陈代谢活动，它也不会倒，而是以枯立木的方式矗立着。其中心，有的部位成为海绵状，有的部位则空了，但周边还有不少良木。只要树的直径中有百分之十的木头是实心的，活树就可以保持立姿。一棵直径为三点五米的空心树，只要它的树干壁有十五厘米

厚，它就能笔直地站着。枯立木所需要的健康木材更少，因为它没有枝叶，不会受风。在暴风雨中，枯立木就像一艘把帆收卷起来的船。因此，枯立木提供安全的天堂给许多鸟类、昆虫和其他动物。北美黑啄木鸟在树干上啄出庞大的椭圆形洞穴，我们并不清楚它挖洞究竟是为了找蚂蚁吃，还是知道在枯木上挖个洞，迟早会招来蚂蚁。有些洞被筑巢的茶腹䴓占用。有的则被飞鼠当成进入树内中空部位的入口，这解释了为什么库珀鹰和北方斑点鸮要栖身在枯立木的残枝上：寻找它们的下一餐。

北方斑点鸮体形中等，雄鸮平均体长四十八厘米，雌鸮则为四十二厘米。它们上身为巧克力棕色，下部为白色，头部、颈部和翅膀上有白色斑点，喉部、腹部和尾巴的下部有棕色条纹。它们眼睛的边缘有一圈暗色的框，看起来好像多年没睡饱似的。它们不迁徙，全天候住在老熟林里，夏季和冬季的食物不同。我们已经知道它们会猎食三十种哺乳动物和二十三种鸟类，还吃蛇、蟋蟀、甲虫和蛾。在夏季里，从黄昏后到天亮前半小时左右，它们栖身于枯立木上，抓飞下来挖松露吃的飞鼠；在冬季里，它们会飞下来抓在雪地上探险的兔子，以及经常出没于主枝和树冠层里的小型啮齿类动物。它们常常把猎物的头咬断后储存在树洞中——脑部是养分浓缩球。

北方斑点鸮除了在枯立木上栖息并储存猎物之外，还在上面筑巢，并搜寻枯立木里的穴居猎物。结果，北方斑点鸮几乎要完全依赖老熟的针叶林，它们有百分之九十五的巢建在二百年以上的树林里，其余百分之五则建在老熟林旁边的次生林里。它们的地盘很大——在北方的森林里，猎物不丰富，每对斑点鸮的地盘广达三千二百公顷。它们把巢筑在雷击过的中空树干里，或是毁损的枯立木里，有时则在飞鼠不再使用的啄木鸟洞里，它们杀死飞鼠并占用其巢穴。它们也会利用苍鹰弃置的巢，或是自己在矮槲寄生丛上筑巢，但这种巢的结构不良。

北方斑点鸮每年都会回到同一个巢，直到巢坏了才另觅新巢。雌鸮于四月初产下二到三颗蛋，每颗蛋相隔三天，并负责所有的孵育工作，雄鸮则负责觅食。父母双方都会保护鸟巢——渡鸦会来偷蛋，苍鹰也会来吃雏鸟。除了巢里的寄生虫之外，斑点鸮没有天敌。据悉，有些斑点鸮会把活蛇带到巢里去吃寄生虫，并吓阻渡鸦和鹰。六周后雏鸟的羽毛长成了，到了十月它们就准备离巢寻找它们自己的领域，通常离母巢二百千米，这就是为什么广阔且连绵的大片老熟林对它们的生存如此重要。它们很少在开阔地或火烧后的区域里觅食，只有在找不到它们所习

惯的栖息地时，它们才不得不经常往新生林里跑。在冬季里，许多当年生的雏鸮会因缺乏食物而饿死。

斑点鸮是由匈牙利移民约翰·克桑图什·德韦谢伊在一八六〇年描述并命名的，德韦谢伊于一八五五年加入美国陆军，驻守在加利福尼亚半岛南端的圣卢卡斯角，该部队奉命到美国西部探勘并绘制地图。德韦谢伊担任潮汐观察员，同时为成立于一八四六年的史密森学会采集标本。当时斑点鸮的分布范围很广，向南一直延伸到墨西哥。德韦谢伊发现这种鸟非常温驯，他在报告中写道，他可以走近一只斑点鸮，而不会把它吓跑，但这是一个不祥的特点，因为这种行为就是绝种的渡渡鸟和大海雀的特征。在他向全世界介绍第一只斑点鸮之前，灭绝该物种的力量已经侵入了森林。



叼着飞鼠的斑点鸮

到了二十世纪七十年代中期，由于栖息地的丧失——大部分缘于伐木，但自然因素也扮演了相当重要的角色——原先在里头生活的北方斑点鸮几乎全面灭绝。一八八八年的一场大火把一万公顷的老熟林破坏殆尽。一九八〇年圣海伦斯火山爆发，又将另一万公顷的森林夷为平地。一九八七年的一场世纪大火把四万公顷的斑点鸮的主要栖息地摧毁。当时，美国野生生物学家估计其数量仅有数百只（现在只剩下十四组繁殖

对在加拿大，全都在不列颠哥伦比亚省），并强烈要求负责木材市场保有稳定林木供应来源的美国林务局，在已知的斑点鸮栖息地附近，划定老熟林保护区。有些保护区在工业界的反对声浪中建立起来，但还不够：保护区还不到总林业用地的百分之四，更不到斑点鸮生存所需面积的一半。

人类的需求，被工业技术强化、扩大，与其他物种的需求难以相容。即便斑点鸮的数量在不列颠哥伦比亚省已大幅减少，老熟林里的伐木活动也依旧在持续进行，而这里正是最后几只斑点鸮居住的地方。目前的预测显示，早在二十一世纪结束之前，斑点鸮就会绝种。由于斑点鸮是一种指标物种，当它们消失时，我们将会知道，养育它们也养育其他物种的老熟林，实际上也已经消失了。

大树

这件事从一场马戏团活动开始。一八五四年，一名前金矿工人乔治·盖尔，把一棵高达三十米的巨杉的树皮剥下，以一块一块的方式向东寄给巴纳姆，再由巴纳姆将它们钉回原形，以此作为“世界上最棒的表演”的一部分。东部人很少相信大自然存在这么大的树——其基部周长为二十七米，相当于当时的金刚。世人对英国水晶宫的另一场类似展览，也持同样的怀疑心态，这是从旧金山东部的北卡拉韦拉斯林中一棵还活着的树上，硬生生剥下的树皮。根据历史学家西蒙·沙玛的看法，当时这些巨树被视为怪物，“植物怪物展”，他在《风景与记忆》中写道。

在加利福尼亚州，活巨树吸引了比较正面的关注。一群群被称为朝圣者的观光客，被载到卡拉韦拉斯林来观赏那里所发现的大树。许多大树被砍掉，不只是为了提供大量的木材（五人一组的伐木队要花三周才能砍倒一棵树），还因为它们的尸体可以充作某种自然游乐园。“他们在刨平的树干表面上，建了一座双球道保龄球场（还有完整的保护盖），”沙玛写道，“一棵被砍伐的红杉的树桩，则被做成舞池。”在一八五五年七月四日的美国国庆节，三十二人在一棵树桩上跳了四组沙龙舞。

大树成了一座国家纪念碑、一种象征，沙玛写道，“兼具实质国力和精神救赎”。当时的美国正在形成大陆意识，这种意识认为国家不只是从东海岸到西海岸而已，还要从未来回溯到创世纪。树把现在和人类难以想象的过去，联结了起来。霍勒斯·格里利年轻时就跑到西部，当

时还说动不少年轻人追随他，他对大树所经历的无尽岁月感到神奇不已，他写道，它们来自“大卫在约柜前跳舞、忒修斯统治雅典、埃涅阿斯从烧毁的特洛伊城中逃出”的年代。其他人观察到，即使是比较年轻的树，它们也是从《圣经》时代就开始生长，事实上，它们与基督也处在同一个时代。“此地经历了多少岁月！”波士顿的《每日广告报》的一名西部特派记者于一八六九年如此描述某棵树：“它来自耶稣基督的年代，也许就在天使看到位于东方的伯利恒之星的那一刻，这颗种子就从温柔的草皮中冒出，长到九重天际。”

这些树具有让美国梦活力再现的强烈效果，因此，亚伯拉罕·林肯在美国梦最受威胁的南北战争中期，于一八六四年签下法令，把约塞米蒂划定为美国的第一座国家公园，这主要是在缪尔的力劝下，缪尔称红杉林为“圣地中的圣地”。这项法案不只保住了庞大的老熟林，还强调了这些地区应该受到保护，不得砍伐。

在更远的北方，也就是我们这棵树（现在是枯立木）所矗立的地方，来自经济的诱惑大于宗教上的因素：花旗松没有巨杉那么壮观，也比较容易砍伐，而且材质也比较好。一八四七年，英国做了一项测试，该测试发现用花旗松做成的船的桅杆要优于白松和波罗的海云杉，在此之前，英国海军一直用这两种木材做桅杆。英国海军部立刻宣布，每条十九米长、直径五十厘米的花旗松圆材，他们愿意出四十五英镑购买，二十二点五米长、直径五十八厘米的，他们愿意出一百英镑，这使得花旗松圆材的买卖比鸦片更好赚钱。

威廉·布罗奇船长登上“阿尔比恩”号，航入胡安·德富卡海峡，停靠在新邓杰内斯角，命令船员砍下价值三千英镑的圆材，不幸的是，这些树砍自美国的土地而非加拿大。当布罗奇连船带货被美国海关扣押时，他转而到温哥华岛雇用原住民工人，又砍了一百零七根圆材。然而，他的船没有了，他必须把货留在原地。布罗奇在温哥华岛担任港务长，到一八五九年他过世时，愈来愈多的企业家已经充分了解了花旗松木材的价值。在其后的十年里，约有一百五十万立方米的原木，以及木瓦、木板、木桩和三千五百根圆材，从维多利亚被运到英国、澳大利亚和拉丁美洲。一八八七年五月二十三日，加拿大太平洋铁路公司的火车把第一批乘客拉进了温哥华这座繁华的锯木城市，这些乘客发现街道被常绿树枝干做成的大型拱门所装饰，宛如圣诞节即将来临，也许，他们是在安抚树神吧。当时城里开了六十二家锯木厂，火车载着一堆木材返回蒙特利尔，要花一百三十七个小时。

单一生命

俄罗斯地理学家格奥尔基·费奥多罗维奇·莫罗佐夫首先提出森林是“树的群落”的想法，虽然西方世界几乎不认识他，但他是建立现代生态学的灵魂人物。莫罗佐夫于一八六七年生于圣彼得堡。他在服役期间被派到拉脱维亚，在那里他遇到了年轻的革命家奥莉加·桑朵克，并与其坠入爱河，桑朵克鼓励他致力于农业科学，以便运用知识造福人民。莫罗佐夫选择了林学，并与桑朵克一起回到圣彼得堡读大学，他除了学习林学之外，还学习了动物学及解剖学，他对生物体的形态和功能之间的相互关系很感兴趣。身为热切的达尔文主义者，他逐渐了解到，自然是相互关系的复杂网络，植物物种之演化则是整体影响因素运作的结果，这些因素包括土壤形态、气候、昆虫、植物群落和人类活动。

一八九六年，莫罗佐夫去德国和瑞士学习森林管理学，之后回到了俄国，并从一九〇一年起担任圣彼得堡大学的林学教授，一直任教到一九一七年。他的授课内容及论文把森林管理学建立成了一门正式的植物学的分支学科。他在一九一三年出版的《森林乃是植物社会》中写道，森林是“一个独立而复杂的生命，其内部原件之间，以固定的方式联结在一起，和其他的生物一样，它们可以通过明确的稳定性被辨识”。如果稳定性改变，或被人类或气候变化摧毁（一八九一年，他亲眼见到大旱灾对沃罗涅日地区的松林所造成的冲击），森林就会受伤，而在某些案例中，它们会无法复原——而且受到伤害的不只是森林，还有组成森林群落的大量的生物，包括人类。莫罗佐夫相信，“森林不只是单纯的树木集合，而是一个社会，一个树的群落，树与树之间相互影响，从而产生一整个系列的新现象，这些现象并非只是树的特性”。植物不仅要适应新的气候和土壤条件，他指出，还要彼此适应，以及适应周遭特定的动物、昆虫、鸟类和细菌。森林是一座复杂的、达到微妙平衡的纸牌屋，抽掉其中任何一张纸牌，我们头顶上的整座结构都会倒塌。

一九一八年，莫罗佐夫患了严重的神经紊乱症（也许是对一九一七年的十月革命缺乏热忱的委婉说辞），被迫从职位上退休，搬到了气候更温和的克里米亚，在此处，他观察到俄罗斯的森林遭到了快速而毫无感觉的破坏。两年后他就死了，享年五十三岁。

正如围绕斑点鸮问题的激烈辩论所显现的那样，莫罗佐夫发出的讯息——我们无法从森林群落中抽离任何一种生物而不影响包含人类在内的其他所有成员——并没有传到西海岸木材大亨的耳朵里。如今，花旗松已是北美洲最重要的木材树种，每年被砍伐、输出的木材达数十亿板

英尺（一千板英尺约等于二点三六立方米）。斑点鸮只是受到伐木影响的一个物种。身为森林管理人，莫罗佐夫了解这种恶性循环：可能的情境是，移除老熟林会造成斑点鸮的灭绝，这表示飞鼠可能增加，从而造成飞鼠的主要食物松露的短缺，于是新树所能形成的菌根真菌量锐减，结果，森林里的树木就会不健康而缺乏经济效益。因此，斑点鸮是森林健康的象征，伤害斑点鸮就是伤害整个系统。华盛顿野生动物委员会在早期召开了一个听证会，以决定是否将斑点鸮列入濒危物种。在这个会议上，一名美国步枪协会的成员表示："这不是斑点鸮的问题，这是老熟林的问题。"但他只说对了一半：森林生态并不是非A即B的命题，这既是斑点鸮的问题，也是老熟林的问题。而且，这既是人类的问题，也是地球的问题。

正如生物学家爱德华·威尔逊所观察到的那样："在过去的半个世纪期间，森林的消逝，是地球史上最深远的环境变化。"自人类发明石器以来，森林就持续消逝。两千年前，几乎所有的陆地都是树木丛生的。古罗马军团砍伐法国南部的森林，以防止凯尔特敌军躲进森林偷袭。到了一七五〇年，法国只有百分之三十七的陆地上有森林，九十年中，二千五百万公顷的森林被摧毁了。到了一八六〇年，有三千三百万公顷的森林消逝了，而且森林消逝的数量正以每年四万二千公顷的速度增长。英国更是被砍伐成了不毛之地。当道格拉斯在花旗松林里目瞪口呆地闲逛时，不列颠群岛的森林覆盖率不到百分之五——平均每人所占的林地面积小于四十平方米。英国唯一的能源就是丰富的煤矿，这是古代蕨类林的遗迹。相较之下，当时挪威的森林覆盖率达百分之六十六，平均每个国民有十公顷。英国不输克里米亚，已经把所有的树都砍光了，他们正在栽种来自北美洲的花旗松苗，以恢复消逝的林业。

从此之后，全世界都在伐木，而且近数十年来伐木量成指数级上升。根据联合国的数据，自一九八〇年以来（当时正因斑点鸮敲响了警钟），全世界的森林正在以每年百分之一的速度减少。如今，北美洲西部的温带花旗松林的面积还不到原始未开发前的百分之二十，而剩下的花旗松林，大部分生长在孤立隔离的老熟林小区域中，威尔逊称之为"栖息岛屿"。其间没有野生动物廊道将它们连接起来，而且，正如斑点鸮的处境所显示的那样，它们里面的生物多样性已经在下降了。但是甚至就连这些孤立的老熟林也会被砍伐。威尔逊指出，一个生态系统丧失了百分之九十的面积时，仍然可以保有半数的生物多样性——对一个未经训练或怀有偏见的观察者而言，这一切似乎都没有问题。然而，所丧失的面积一旦超过百分之九十以上，"剩下的那一半生物多样性可能

就会被一笔勾销”。而这个关键门槛很容易就能被跨越。“在恐怖的情境中，”威尔逊写道，“配有推土机和电锯的伐木大队，可以在几个月中，就让这些栖息地从地球表面消失。”

我们对林业公司要公平，老熟花旗松林似乎也会自我毁灭。这并不是森林的结束，而是群落的转型。所有在高地森林中的花旗松最后都会因长得太大而无法养活自己，或是被昆虫或真菌杀死，而把位置让给在下层耐心等候的树种，西部铁杉和北美乔柏将取而代之，成为一片顶极林。以这样的方式看待森林，也许有人会问，为什么不能让伐木工人趁这些树还有点价值时，先将其砍下，以协助此自然过程？按照这个逻辑进一步推论，老树可以被改良过的新花旗松苗代替，这些经过基因调整的树苗，所拥有的恼人的木质素较少、长得更快，而且可以抵抗一大堆病虫害。至少，这是生物技术专家和林业从业者所描绘的景象。

在一处自然栖息地中，当一只斑点鸮失去了铁杉-乔柏顶极林的家时，它可以另外再找一棵老熟花旗松来安家。然而，如果栖息岛屿附近的树都被砍光了，那么它便无路可去了。一个大树的种植园并不等于一座老熟林。天然的顶极林拥有各种年龄的树木，从树苗到枯立木，包括森林地表上的断枝和落叶堆，它可以支撑鲑鱼族群和所有的鲑鱼掠食者。再造林则是单一文化的林场，和生物多样性相反。正如美国森林学会在一九八四年进行的一项研究所确认的那样：“没有证据显示，老熟林所具备的环境条件可以用造林的方式再现。事实上，这个问题基本上毫无意义，因为必须花二百年以上的时间才能找到答案。”斑点鸮可等不了二百年。

鬼行者

枯立木已经成为美洲狮最喜爱的休息场所。这是只上了年纪的公狮，它白天大都在枯立木基部打盹，下午晚些时候猎食，晚上则溜到小溪边悄悄地喝水。由于老熟林的特性，这里的大型掠食性哺乳动物并不多。黑熊和灰熊极少，且彼此相隔甚远——一只成年的雄性灰熊的栖息领域超过一千五百平方千米。早期的屯垦者和先前的萨利什人一样，住在离海较近的地区，位于山海交界处，靠海也靠陆地维生。然而，当他们的屯垦区扩大，男人有了女人和小孩，美洲狮就开始下山，抓走屯垦家庭带来的猫、狗。突然间，就像史诗《贝奥武甫》里的怪兽一样，大家几乎都未曾见过的强大掠食者，成了夜间的不速之客。

美洲狮是大型的猫科动物，公狮加上尾部可以长达二点七米。成年

公狮的平均重量在八十千克左右，但曾任美国总统的西奥多·罗斯福射过一只一百千克重的，记录上最大的是一九一七年于亚利桑那州被射杀的那只，它重达一百二十五千克。它们是夜行动物，不冬眠，在森林里会从树上跳下来抓猎物。它们也被称为：山狮、彪马（印加语）、豹（在南部）和山猫（在东部）。它们在低处的树枝上等候，不论是鹿、麋或人类，只要从下面经过，它们就一扑而下，以犬齿咬入猎物的第四和第五节颈椎之间的地方，使其立即毙命。如果在开阔地域，它们会偷偷从猎物的后面接近，然后出其不意地猛烈冲刺，以肩部撞击猎物，将之扑倒在地。在交配期里（可能是一年当中的任何日子），它们在夜间会发出高音的吼声，听起来就像是一个喝了慢性毒药快要死掉的女人一样。它们让森林的黑夜充满了难以想象的恐怖。一度以猎杀美洲狮为生的加拿大自然作家劳伦斯称这种动物为“鬼行者”。他把美洲狮形容为高度进化的猎人，它“通常肃静而谨慎，但是在求爱或发怒时会发出恐怖的叫声，变得极为吵闹”。当它在森林中行走时，“它变得轻声低语，温柔优雅，比任何其他的北美洲的掠食动物都更机警”。

母狮通常在春季里产下三到四只幼狮，但有时会晚到八月才生产，其中两只幼狮可以活到成年，它们跟着母狮整整两年，学习狩猎。它们直到第三年才开始交配。公狮和母狮将共同生活一周左右，直到完成交配，然后就分道扬镳，各自建立地盘，地盘可达八百平方千米，其地点和大小每季都会随着猎物的变动而有所调整。因为一头成年美洲狮每年要猎杀六十只鹿一般大小的有蹄类动物，所以它需要多达七百只的猎物来支撑自己，这解释了为什么它需要如此大的地盘（生态学者汤姆·赖姆诚观察到，在自然界里，掠食者捕杀一种猎物的数量从不会超过其物种总量的百分之六，然而人类认为自己可以“控制”像鲑鱼、鹿或鸭子这样的野生物种，因此人类可以吃掉它们的百分之八十或九十，并保持它们的数量）。如果猎物很丰富，一如我们这棵树附近的猎物一样，美洲狮就可以经常捕食，而且只吃肝、肾和肠子，有时它们只在动物的颈静脉上咬一道小伤口，光喝血。



美洲狮和被连根拔起的树

死尸中的生物

我们这棵树作为枯立木已经站了六十二年，相继成为各种动物的家，除了美洲狮之外，还有许多啄木鸟、一只花彩角鸮，几只飞鼠、花栗鼠、花尾蝠、山雀和茶腹鳾。最后，真菌继续无情地扩散到整棵树，使支撑枯树干的根部软化，树不再坚定地固着于地，而是顺势撑着。一九二九年秋，一场暴风雨从海岸边袭来（现在那里是人口稠密区），风雨打上山脊，在活树间弹动，前推后拉地折磨着这棵枯立木，宛如舌头在推弄松动的牙齿一样。枯立木没有树皮，吸收了大量水分，迎风面吸得更多，不一会儿，基部传来一阵低沉的刮擦声，附着在深根上的砾质土脱离了静止的大地。尽管风大雨大，树上大部分的栖息者还是倾巢而

出，匆匆离开，到更坚固的枯立木里寻找新的庇护所。经过几晚的摇晃，这棵枯立木已经无法保持平衡，它在风中倾倒，断裂于邻树之间，邻树下斜的枝条将枯立木引开，以防主干被撞到，直到离地三十米处，这些枝条才闪开，任笨重的枯立木掉进下面的年轻铁杉层，有几棵铁杉也跟着倒下。没人听到倒塌声。

一块树枝的碎片掉进附近的溪流中，在水里翻滚扭转随波逐流，直到在溪水大转弯处，才被卡在岸边。它半掩在淤泥里，成为鳟鱼的庇护所，也是各种昆虫的食物。其他残枝则散落在林地上，把它们富含氮的地衣送给土壤。

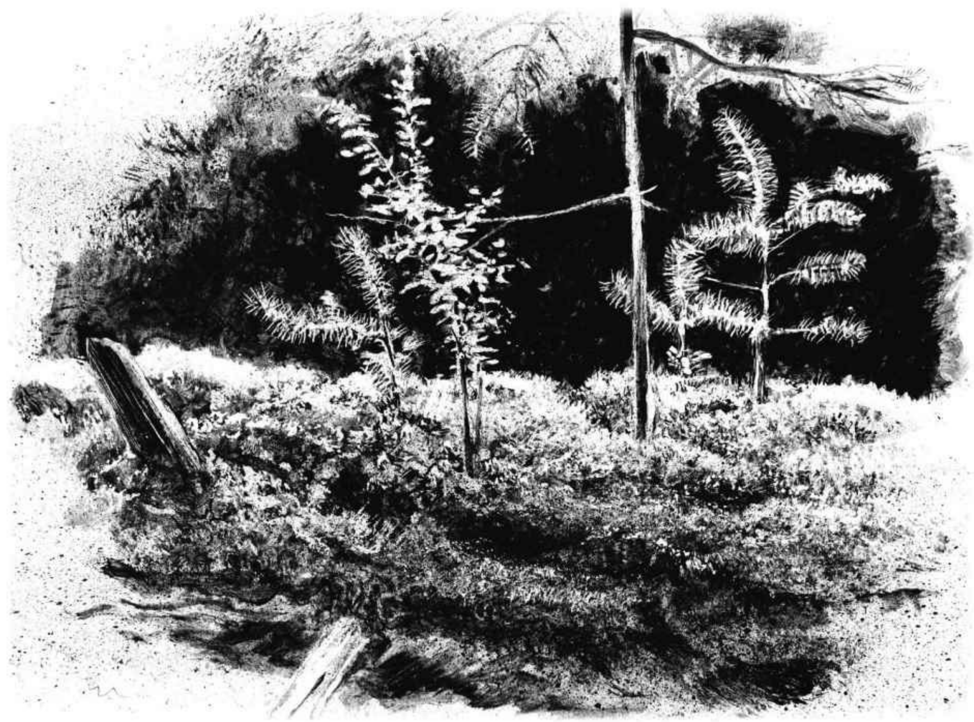
由于这棵树是枯立木，它在倒下之后并不会给树冠层留下缺口，倒下的木头便躺在浓密的遮阴里，很快就被苔藓和真菌覆盖，这引来一对细腰湿木白蚁。一只有翅母蚁停在枯木旁，随后跟来一只同样有翅的雄蚁。这两只白蚁都呈淡褐色，近乎透明，长约十毫米，脉纹清楚的深褐色翅膀带着它们离开位于森林另一角的出生时的群落，来到这里。降落后，它们的翅膀便掉落，它们共同在倒木里挖出一个浅浅的蚁室，然后进入室内，从里面把洞口封住，在里头交配。

两周后，母蚁产下十二枚瘦长的卵，非洲的一些白蚁每天可产三万枚卵，相较之下，这一窝就显得人丁不旺，但已足够开始建立一个群落。其幼蚁会成为两种不同的阶级：繁殖蚁和兵蚁。它们共同执行群落里的所有工作，主要是在枯木里挖掘错综复杂的隧道系统，以及把食物带回来给皇后和国王。来年春天，繁殖蚁到群落的偏远处产卵，而皇后也产下另一窝的十二枚卵，这个过程一再重复，直到这个群落有四千只蚁为止。因此，群落里的所有成员都有血缘关系，整个群落又分成几个小家族。兵蚁负责防止木蚁和其他白蚁进入群落地道，它们用庞大的头部及有力的锯齿状上颚把通道挡住，并将不受欢迎的入侵者从腰部切为两半。

白蚁是社会性食腐动物，它们以加速分解的方式，减少林地上的腐木，从而让土壤尽快获得养分。它们吞下木材纤维，但无法消化。但其内脏带着一群微生物，它们可以破坏纤维素并产生副产品，其中一部分会被白蚁吸收，其余的，如甲烷气体，则被排出。白蚁蜕皮时（把坚硬的外骨骼蜕掉以利生长），会连皮带内脏一起蜕掉，因此，蜕皮后它们必须吃同伴的排泄物以补充细菌。它们会以舌头相互打理照料，这么做的同时，也把活在内脏里的真菌孢子喂给对方，帮助喂养它们的细菌共生体。在热带地区，白蚁建立大量的群落，每一平方米土壤里的白蚁，

竟高达一万只，它们是地面上最主要的生物，其生物量超过同一地区所有的脊椎动物。食蚁兽知道该怎么做。白蚁在太平洋西北部没有那么猖獗，但还算举足轻重。森林地表上的枯木，有三分之一靠白蚁的活动而化为土壤。它们的复杂地道所扮演的角色也同样重要，这些地道为真菌孢子和到此地落脚的植物先行建好通道，以便其利用腐木的软木材。

躺在潮湿林地上的这棵树，七百年前还是幼苗，现在则是倒卧的巨人，昔日位于底层的竞争对手，为它裹上寿衣。它正在腐烂。在大自然中，死亡和腐烂支撑着新生命。湿木白蚁和木蚁，螨和跳虫，分解性真菌和细菌，都已经侵入了这棵树的木材。木头的保护层已经千疮百孔了。这里几乎照不到阳光。从本质上说，这是地面上的一个隆起，慢慢地在数百年中，它将成为一块堆肥沃土。这棵树的残骸上铺着一层厚厚的苔藓和蕨类植物，其轮廓依稀可见，宛如毯子下的一棵死树。九月，有翅种子稀稀疏疏地落下来了。这些种子有些来自仍然高高在上的花旗松，但大部分来自西部铁杉。花旗松的种子不会在这块木头上发芽，因为它们需要阳光，而且喜欢矿物质土壤，正如我们这棵树最早于世纪大火清除了底层之后，所落脚的砾石层一样。但铁杉种子喜欢长在肥沃、阴暗而有机的土壤上，这正是我们这棵树的内部状况。到了春季，铁杉苗孔武有力的根部经由白蚁和蚂蚁洞向下穿进我们这棵树的树干，碰到白蚁背上所携带的菌根真菌，它们会长得非常茂盛。这块木头竟成了竞争树种的保姆。最后，新树的裸根会跨骑在保姆身上，再进入土壤。当我们的树终于被分解为土壤时，森林中将会出现一长排西部铁杉，其笔直的队形近乎完美，每棵铁杉都长在一抔垄土上，这是其根部和我们那棵树的残骸所形成的矮丘。这些垄土将被覆上一层碎屑，这是老藤槭的落叶和道氏红松鼠的粪便，为寻找跳虫的鲑鱼提供庇护的剑蕨也将会长在垄土上。



保姆木

日后，将有两个人走过这座浓密的森林，见到笔直排列的铁杉，其中一人看出，那里以前应该有一块保姆木。他们将不会知道，这块保姆木曾经是棵巨大的花旗松，它出生于爱德华一世当上英格兰国王之时，倒于华尔街崩盘那年，但他们将同样感受到万物与地球合一的奇特性。他们将带着这个感受回家，让自己终生受用。

重要名词对照表

书报、法条名称

《手稿》 Notebooks

《自然史》 Historia Naturalis

《李尔王》 King Lear

《贝奥武甫》 Beowulf

《彼得松指南》 Peterson's Guide

《拉丁植物志》 Latin Herbarius

《林木志》 Sylva，or a Discourse of Forest Trees

《物种起源》 The Origin of Species

《花满地球》 Flowering Earth

《美食词典》 Grand dictionnaire de cuisine

《原始林》 Forest Primeval

《埃及植物志》 De Plantis Aegypti

《草木志》 De Vegetabilus et Plantis

《寂静的春天》 Silent Spring

《风景与记忆》 Landscape and Memory

《森林乃是植物社会》 The Forest as a Plant Society

《植物史》 Historia Plantarum

《植物本原》 De Causis Plantarum

《植物解剖学》 The Anatomy of Plants

《新草木志》 Neu Kreütterbuch

《资本论》 Das Kapital

《德国植物志》 German Herbarius

《暴风雨》 The Tempest

《论植物的性别》 De sexu plantarum

《树》 The Tree

《药物论》 De materia medica

《每日广告报》 Daily Advertiser

《英属北美法》 British North America Act

一到三画

乙烯 ethylene

乙酸 acetic acid

二萜 diterpene

二分裂 binary fission

二倍体 diploid

二十雄蕊纲 Icosandria

人类圈 ethnosphere

大叶槭 bigleaf maple

大冷杉 grand fir

大角羊 mountain sheep

大海雀 great auk

大仲马 Alexandre Dumas

大麻哈鱼 chum salmon

大鳞大麻哈鱼 chinook salmon

大阿尔伯图斯 Albert the Great

大餐与饥荒循环 feast-and-famine cycle

马钱子碱 strychnine

马利筋属植物 milkweed

马克西米利安 Maximilian

马克·吐温 Mark Twain

马塞尔·迪克 Marcel Dicke

上颚 mandible

上皮细胞层 epithelium membrane

子叶 cotyledon

子囊菌 ascomycete

山鳟 cutthroat

山毛榉 beech

三萜 triterpene

干草原 steppe

下胚轴 hypocotyl

四画

内生的 endotrophic

内皮层 endodermis

内面树芯 inner core

内层树皮 inner bark

内海航道 Inside Passage

乌斑攀螈 clouded salamander

乌得勒支大学 University of Utrecht

乌普萨拉大学 University of Uppsala

乌特纳比西丁 Uta-Napishtim

乌利塞·阿尔德罗万迪 Ulisse Aldrovandi

太平洋紫杉 Pacific yew

太平洋银杉 Pacific silver fir

太平洋浆果鹃 Pacific madrone

太平洋西北部 Pacific Northwest

水晶兰 Indian pipe

水晶宫 Crystal Palace

水杨酸 salicylic acid

水文循环 hydrologic cycle

木蚁 carpenter ant

木贼 horsetail

木质素 lignin

不定根 adventitious root

不列颠哥伦比亚省 British Columbia

不列颠哥伦比亚大学 University of British Columbia

巴西斑马木 Brazilian arariba

巴黎药学院 Paris's École de Pharmacie

巴隆山国家公园 Gunung Palung National Park

双雄蕊纲 Diandria

双螺旋的 double-helix

毛脚rough-legged hawk

毛细管作用 capillary action

心皮 carpel

心材 heartwood

火蝾螈 fire salamander

火险气候 fire climate

巨杉 giant sequoia

巨木贼 giant horsetail

丰年 mast year

气孔 stomata

牛肝菌 boletus

天蛾毛虫 hawkmoth caterpillar

方济各会 Franciscan order

邓弗姆林 Dunfermline

分子基材 molecular substrate

长柄铁心木 ohia lehua tree

凤梨科植物 bromeliad

比尔·里德 Bill Reid

韦德·戴维斯 Wade Davis

贝尔纳·诺埃尔 Bernard Noel

瓦斯科·达·伽马 Vasco da Gama

尤利乌斯·冯·萨克斯 Julius von Sachs

五画

北岛 North Island

北极圈 Arctic

北方山雀 boreal chickadee

北美独活 cow parsnip

北美乔柏 western redcedar

北美飞鼠 northern flying squirrel

北美红松鼠 red squirrel

北美蚊霸鹟 western flycatcher

北方斑点鸮 northern spotted owl

北美黑啄木鸟 pileated woodpecker

北卡拉韦拉斯林 North Calaveras Grove

圣卢卡斯角 Cape San Lucas

圣劳伦斯湾 Gulf of St. Lawrence

圣维克托郊区 Faubourg Saint-Victor

圣海伦斯火山 Mount St. Helens

圣托马斯·阿基纳 Saint Thomas Aquinas

加州藜芦 western false hellebore

加那利群岛 Canary Islands

加拉帕戈斯西红柿 Galapagos tomato

加拿大自治领 Dominion of Canada

加拿大太平洋铁路公司 CPR

卡利卡特 Calicut

卡亚波人 Kayapo

卡拉哈里沙漠 Kalahari Desert

卡尔·马克思 Karl Marx

叶肉 mesophyll

叶绿素 chlorophyll

叶绿体 chloroplast

叶绿体基粒 grana

外种皮 testa

外层树皮 outer bark

外生菌根 ectomycorrhizal

外生菌根真菌 ectomycorrhizal fungal

石松 club moss

石栎 tan oak

石炭纪 Carboniferous

石楠草 heathwort

弗雷泽河 Fraser River

弗吉尼亚草莓 wild strawberry

弗里茨·哈贝尔 Fritz Haber

弗里德里希·文特 Friedrich Went

生长素 auxin

生命原 vital principle

生物碱 alkaloid

白松 white pine

白令陆桥 Bering land bridge

白足鹿鼠 white-footed mouse

皮蒂宫 Pitti Palace

皮吉特海湾地区 Puget Trough

皮埃尔-约瑟夫·佩尔蒂埃 Pierre-Joseph Pelletier

龙血树 dragon tree

龙脑香科 Dipterocarpaceae

布袋兰 pink lady's slipper

布列塔尼 Brittayne

尼科洛·佩里科利 Niccolò Pericoli

尼赫迈亚·格鲁 Nehemiah Grew

甲醛 formaldehyde

边材 sapwood

四角病 Four Corners Disease

甘草蕨 licorice fern

鸟嘌呤 guanine

平滑木贼 smooth horsetail

印第安李 Indian plum

汉坦病毒 hantavirus

节肢动物门 Arthropoda

本沙姆煤矿 Bensham Coal

史密森学会 Smithsonian Institution

艾伦·斯蒂尔 Allen Steele

六画

约柜 Ark

约翰·雷伊 John Ray

约翰·缪尔 John Muir

约翰·伊夫林 John Evelyn

约翰·福尔斯 John Fowles

约翰·卢伯克爵士 Sir John Lubbock

约翰·克桑图什·德韦谢伊 John Xantus de Vesey

约翰内斯·谷登堡 Johannes Gutenberg

约瑟夫·别奈梅·卡文图 Joseph Bienaimé Caventou

约瑟夫·普里斯特利 Joseph Priestley

红尾鵟 red-tailed hawk

红桤木 red alder

红衫军 Red Shirts

红胸鳾 red-breasted nuthatch

红交嘴雀 red crossbill

红树田鼠 red tree vole

红大麻哈鱼 sockeye salmon

红羽轴扑动鴷 red-shafted flicker

西部铁杉 western hemlock

西部云杉卷蛾 western spruce budworm

西部红背无肺螈 western redback salamander

西部黑头长翅卷蛾 western blackheaded budworm

西蒙·沙玛 Simon Schama

亚述人 Assyrian

亚高山冷杉 subalpine fir

亚速尔群岛 Azores

亚历山大·孟席斯 Alexander Menzies

有序结构 ordered structure

有性生殖 sexual reproduction

有丝分裂 mitosis

华兹华斯 Wordsworth

华盛顿·欧文 Washington Irving

华盛顿野生动物委员会 Washington Wildlife Commission

向水性 aquatropism

向光性 phototropism

向地性 geotropism

多雄蕊纲 Polyandria

多菲内省 province of Dauphine

因纽特人 Inuit

因约国家公园 Inyo National Park

老熟林 old-growth forest

老虎百合 tiger lily

乔治·盖尔 George Gale

乔恩·卢奥马 Jon Luoma

夸克 quark

刚松 pitch pine

问荆 field horsetail

地螨 oribatid mite

全盘花 ocean spray

羽扇豆 lupine

传粉滴 pollination drop

米蒂利尼 Myteline

光伏电池 photovoltaic cell

安第斯山脉 Andes mountains

灰蓝灯草鹀 slate-sided junco

伪铁杉尺蠖 phantom hemlock looper

伦敦园艺协会 Horticultural Society of London

自然历史博物馆 Muséum d'histoire naturelle

扬·英根豪斯 Jan Ingen-Housz

朱塞佩·加里波第 Giuseppe Garibaldi

七画

阿托品 atropine

阿帕切鳟 Apache trout

阿留申群岛 Aleutian

阿威罗伊斯 Averroes

阿拉斯加狭地 Alaska Panhandle

阿兹特克帝国 Aztec Empire

阿萨巴斯卡河 Athabasca River

花旗松 Douglas fir

花尾蝠 spotted bat

花栗鼠 chipmunk

花粉囊 pollen sac

花彩角鸮 flammulated owl

花旗松落叶病 Douglas-fir needle blight

冷杉 true fir

冷杉锯角叶蜂 balsam fir sawfly

冷杉扁头吉丁 flatheaded fir borer

赤松 red pine

赤霉酸 gibberellic acid

豆科 Leguminosae

兵蚁 soldier

丽蝇 blowfly

苍鹰 northern goshawk

冻原 tundra

附肢 appendage

邱园 Kew Gardens

伽林 Galen

拟樱桃 osoberry

芥子醇 sinapyl

芳香醇 aromatic alcohol

韧皮部 phloem

沙龙舞 cotillion

还原论 reductionism

忒修斯 Theseus

芽状马勃 Gemmed puffball

体内平衡 homeostasis

佛罗伦萨 Florence

沃罗涅日 Voronezh

玛土撒拉 Methuselah

伯利恒之星 Star of Bethlehem

狄奥克莱斯 Diocles

层状根腐病 laminated root rot

杜威十进制分类系统 Dewey decimal system

克里斯·马泽尔 Chris Maser

八画

松鸦 jay

松雀 pine grosbeak

松科 Pinaceae

松杉目 Pinales

松杉纲 Pinopsida

松柏醇 coniferyl

松金翅雀 pine siskin

松柏植物门 Coniferophyta

罗吉尔·培根 Roger Bacon

罗伯特·贝特曼 Robert Bateman

罗伯特·普雷斯顿爵士 Sir Robert Preston

罗纳德·道格拉斯·劳伦斯 R. D. Lawrence

细胞器 organelle

细腰湿木白蚁 Pacific dampwood termite

细鳞大麻哈鱼 pink salmon

单宁酸 tannins

单倍体 haploid

单雄蕊纲 Monandria

奇点 singularity

奇里乞亚 Cilicia

波罗的海云杉 Baltic spruce

波利尼西亚群岛 Polynesian islands

金鳟 golden trout

金鸡纳树 cinchona tree

孢子体 sporophyte

孢子囊穗 strobili

欧洲蕨 bracken fern

欧洲羽节蕨 oak fern

顶极林 climax forest

顶端分生组织 apical meristem

刺柏 juniper

肺衣 lungwort

鸢尾 flag iris

虎鲸 killer whale

表皮 epidermis

苞片 bract

果胶 pectin

受体 recipient

炉甘石 calamine

咖啡树 coffee bush

鱼鳔槐 bladder senna

狐尾松 bristlecone pine

孤绿鹃 solitary vireo

昆虫纲 Insecta

线粒体 mitochondria

帕多瓦 Padua

苔藓植物 bryophyte

孟加拉虎 Bengal tiger

爬行田鼠 creeping vole

肾上腺素 adrenaline

固氮作用 nitrogen fixation

拉布拉多 Labrador

英国海军部 Admiralty

沿海萨利什人 Coast Salish

迪奥斯科里季斯 Dioscorides

杰罗姆·博克 Jerome Bock

彼得罗·达巴诺 Pietro d'Abano

居伊·德·拉布罗斯 Guy de La Brosse

九画

美洲栗 American sweet chestnut

美洲隼 American kestrel

美洲狮 cougar

美洲赤鹿 wapiti

美洲颤杨 trembling aspen

美洲野豌豆 purple vetch

美国榆 American elm

美国黑松 lodgepole pine

美国林务局 U.S. Forest Service

美国步枪协会 National Rifle Association

美国森林学会 Society of American Foresters

美莓 salmonberry

美因茨 Mainz

胚干 embryonic stem

胚叶 embryonic leaves

胚乳 endosperm

胚芽 plumule

胚根 radicle

胚珠 ovule

威拉米特 Willamette

威斯康星冰期 Wisconsin Ice Age

威尔士亲王岛 Prince of Wales Island

威廉·杰克逊·胡克 William Jackson Hooker

威廉·布罗奇船长 Captain William Brotchie

威廉·霍夫迈斯特 Wilhelm Hofmeister

哈奇 A.B. Hatch

哈蒂格网 Hartig net

哈得孙湾公司 Hudson's Bay Company

香豆醇 coumaryl

香蕉树 banana tree

查普特佩克 Chapultepec

查尔斯·罗伯茨 Charles G.D. Roberts

突变 mutation

突现特质 emergent property

柳兰 common fireweed

剑蕨 sword fern

柏树 cypress

毒蛾 tussock moth

革螨 beetle mite

鸦科 Corvidae

树胶 gum

种叶 seed leaves

柱头 stigma

奎宁 quinine

珀斯 Perth

独角鲸 narwhal

帝王蝶 monarch butterfly

柄细胞 stalk cell

类黄酮 flavonoid

胞嘧啶 cytosine

鬼行者 ghost walker

费城百合 wood lily

挪威云杉 Norway spruce

食腐质者 detritivore

保卫细胞 guard cell

神圣之命 Divine Order

相克作用 allelopathy

皇家花园 Jardin du Roi

钦赤塔拉斯 Chinchitalas

俄勒冈灯草鹀 Oregon junco

胡安·德富卡海峡 Strait of Juan de Fuca

科西莫·美第奇一世 Cosimo I de'Medici

十画

原鸡 jungle fowl

原基 primordium

原生质 protoplasm

原生质体 protoplast

原始细胞 protocell

原核生物 prokaryote

海枣 date palm

海达族 Haida

海绵状细胞 spongy cell

海滨山黧豆 beach pea

特氏鼩鼱 Trowbridge's shrew

特诺奇蒂特兰 Tenochtitlan

特奥夫拉斯图斯 Theophrastus

珠心 nucellus

珠孔 micropyle

珠孔道 micropylar canal

真细菌 eubacteria

真核生物 Eukarya

真核细胞 eukaryote

爱德华一世 Edward I

爱德华·奥斯本·威尔逊 E.O. Wilson

哥伦比亚河 Columbia River

哥伦比亚百合 Columbian lily

核酸 nucleic acid

核苷酸 nucleotide

根芯 root core

根冠 root cap

病原体 pathogen

病原性真菌 pathogenic fungi

莱姆病 Lyme disease

莱斯沃斯 Lesbos

高分子 macromolecule

高山铁杉 mountain hemlock

埃氏剑螈 ensatina

埃涅阿斯 Aeneas

桦树 birch

桤木 alder

臭菘 skunk cabbage

配子 gamete

桑人 !San

泰诺人 Taino

莫诺湖 Mono Lake

桃花心木 mahogany

莴苣地衣 lettuce lichen

被子植物 angiosperm

桡足动物 copepod

脊索动物 Chordata

胸腺嘧啶 thymine

诺喔赛定 Nervocidine

剧毒棋盘花 death camas

荷兰榆树病 Dutch elm disease

格拉斯哥皇家植物园 Glasgow Royal Botanical Garden

宾·克罗斯比 Bing Crosby

莉萨·柯伦 Lisa Curran

唐纳德·卡尔罗斯·皮蒂 Donald Culross Peattie

十一画

黄松 ponderosa

黄莺 yellow warbler

黄杉属 Pseudotsuga

黄花烟草 wild tobacco

黄眉林莺 Townsend's warbler

黄杉毒蛾 Douglas-fir tussock moth

黄杉大小蠹 Douglas-fir beetle

黄腹比蓝雀 western tanager

黄羽轴扑动鸳 northern flicker

基因混合 genetic mixing

基因混合体 genetic mix

基因多态性 genetic polymorphism

基尼基尼克 kinnikinnick

鹿鼠 deer mouse

鹿蜱 deer tick

鹿头兰 deer-head orchid

菌根 mycorrhizae

菌丝 hyphae

菌丝体 mycelium

银树 silver tree

银杏树 ginkgo tree

银大麻哈鱼 coho salmon

萨斯科奇 Sasquatch

萨克拉门托 Sacramento

寄蝇 tachinid

寄生黄蜂 parasitic wasp

雪球地球 Snowball Earth

雪松太平鸟 cedar waxwing

铵 ammonium

萜烯 terpene

桫椤 tree fern

麻蝇 sarcophagid

梭罗 Thoreau

假升麻 goatsbeard

绿藜芦 green hellebore

野荞麦 wild buckwheat

弹尾目 Collembola

隐花植物 cryptogam

渗透作用 osmosis

控制性寄生 controlled parasitism

脱燃素空气 dephlogisticated air

清教徒移民 Pilgrim Fathers

菩菩利花园 Boboli Gardens

维利·布格德费尔 Willy Burgdorfer

菲尼亚斯·泰勒·巴纳姆 P.T. Barnum

十二画

黑尾鹿 black-tailed deer

黑暗时代 Dark Ages

黑头威森莺 Wilson's warbler

棉豆 lima bean

棉白杨 cottonwood

猴谜树 monkey puzzle tree

猴面包树 baobab

斯温氏夜鸫 Swainson's thrush

斯蒂芬·杰伊·古尔德 Stephen Jay Gould

普林尼 Pliny

普罗斯佩罗·阿尔皮尼 Prospero Alpini

温哥华堡 Fort Vancouver

温带阔叶林 temperate hardwood forest

越橘 red huckleberry

智人 sapiens

渡鸦 rave

筛胞 sieve cell

落叶林 deciduous forest

硬头鳟 steelhead trout

斑点鸮 spotted owl

紫朱雀 purple finch

雄甾酮 androsterone

氰酸盐 cyanate

蒂宾根 Tübingen

植物园 Jardin des Plantes

等位基因 allele

趋光运动 phototropic movement

奥吉布瓦 Ojibway

蛛形纲动物 arachnid

道氏红松鼠 Douglas squirrel

腓特烈二世 Frederick II

游走性红斑 erythema migrans

喀斯喀特山脊 Cascade Crest

博洛尼亚植物园 Botanical Gardens of Bologna

雅克·卡蒂埃 Jacques Cartier

鲁道夫·雅各布·卡梅拉留斯 Rudolph Jakob Camerarius

十三到十四画

路易·亚历山大·芒然 Louis Alexandre Mangin

路易吉·安圭拉拉 Luigi Anguillara

路易斯·阿姆斯特朗 Louis Armstrong

蓝莓 blueberry

蓝克美莲 camas

锡特卡云杉 Sitka spruce

蜣螂 dung beetle

跳虫 springtail

锦绦花 cassiope

溪木贼 water horsetail

楝树油 neem oil

嗜极菌 extremophile

腺嘌呤 adenine

矮槲寄生 dwarf mistletoe

裸子植物 gymnosperm

新邓杰内斯角 New Dungeness

溯河产卵洄游的 anadromous

塞巴斯蒂安·瓦扬 Sébastien Vaillant

酸豆 tamarind

熊果 bearberry

管胞 tracheid

蔷薇科 Rosaceae family

歌带鹀 song sparrow

漂泊鼩鼱 vagrant shrew

碳水化合物 carbohydrate

褐色爬刺莺 brown creeper

赫尔曼·科尔贝 Hermann Kolbe

十五到十七画

瘤果松 knobcone pine

墨角兰 marjoram

蕨类植物 pteridophyte

霍勒斯·格里利 Horace Greeley

霍华德·恩赛因·埃文斯 Howard Ensign Evans

糖松 sugar pine

颠茄 belladonna

橙剂 Agent Orange

蕾切尔·卡森 Rachel Carson

藏卵器 archegonia

藏精器 antheridia

戴维·汤普森 David Thompson

戴维·道格拉斯 David Douglas

螺旋体 spirochete

穗乌毛蕨 deer fern

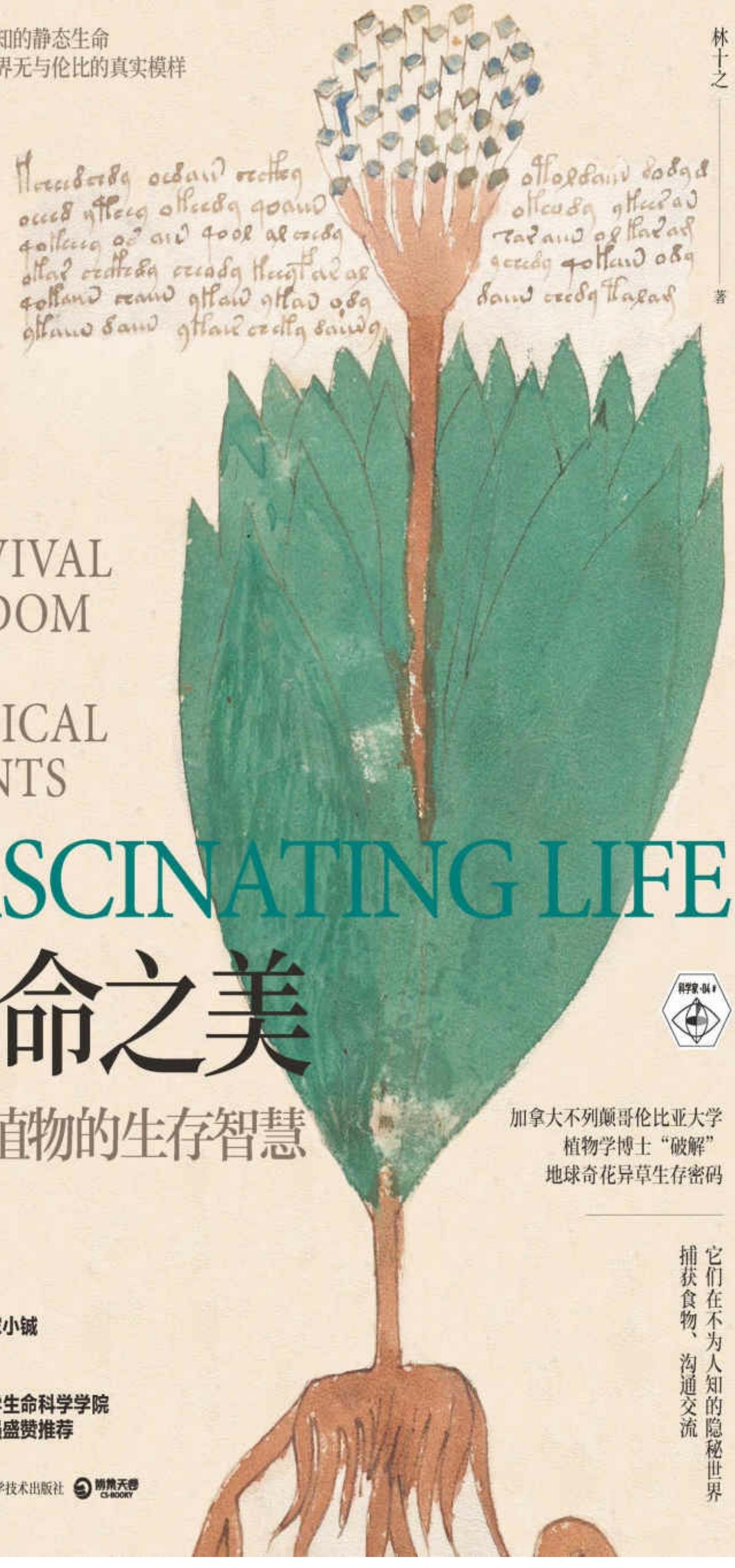
十八画及以上

藤槭 vine maple

鼹鼠 mole

解读不为人知的静态生命
领略植物世界无与伦比的真实模样

林十之 著



THE SURVIVAL WISDOM OF MAGICAL PLANTS

FASCINATING LIFE

生命之美

奇异植物的生存智慧

加拿大不列颠哥伦比亚大学
植物学博士“破解”
地球奇花异草生存密码

它们在不为人知的隐秘世界
捕获食物、沟通交流

植物鉴定专家小铖
手绘图谱

陕西师范大学生命科学学院
副教授张建强盛赞推荐

湖南科学技术出版社 博集天卷 CS-BOOKY

版权信息

生命之美：奇异植物的生存智慧

作者：林十之

出版社：湖南科学技术出版社

出版日期：2019-04-01

ISBN：9787571000783

本书由天津博集新媒体科技有限公司授权亚马逊发行

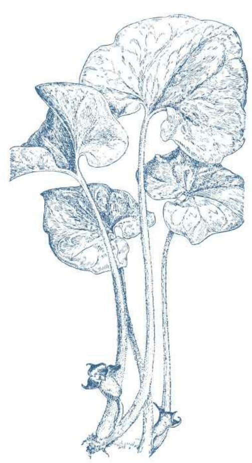
版权所有 侵权必究

目录
CONTENTS

前言
第一章　肉食植物还是谋杀植物？——食虫植物新视野
第二章　吸引、捕食和消化——肉食植物的捕食机制
第三章　狼狈为奸与三角关系——捕虫树的心机
第四章　传粉者还是食物？——花柱草的野心
第五章　杀鸟者——安第斯皇后和无刺藤
第六章　放下屠刀，立地成佛——盾籽穗叶藤的临时肉食行为
第七章　肉食植物还是腐食植物？——猪笼草中的异类
第八章　进军水域——貉藻和狸藻
第九章　植物猎人——发现新的肉食植物
第十章　肉食植物新成员——腺菖蒲
第十一章　剃刀边缘——肉食植物的共栖者
第十二章　奇特而迷人——养殖肉食植物
第十三章　光合作用的背叛者——寄生植物
第十四章　地狱来的植物——菌花
第十五章　演化植物学家的噩梦——大花草
第十六章　宿主选择与物种分化——簇花草
第十七章　寄生植物与草食动物的竞争——槲寄生
第十八章　真菌同盟的背叛者——菌异养植物
第十九章　以菌为食——天麻
第二十章　进化的死胡同？——水晶兰的传粉
第二十一章　离奇消失的传奇植物——美国水玉杯
第二十二章　寄生还是菌异养？——唯一的异养裸子植物寄生陆均松
第二十三章　寻访国产珍稀幽灵之花——杯药草
后记
参考文献
网络图片引用来源：

生命之美

奇异植物
的
生存智慧



前言

在大多数人的眼中，植物的形象一直是安静、被动、逆来顺受的。你一时兴起，操起剪子为自家后院的大叶黄杨修剪枝条，它们不会连声喊疼；你忽然想起被遗忘在角落的一盆蜘蛛抱蛋，赶紧给它们浇浇水，它们也不会向你道谢。它们就这样默默地生长着，你对它们好，它们开出鲜艳的花朵、结出美味的果子来回馈你；你要置它们于死地，它们也是一点反抗的能力都没有。

但大自然永远是充满意外和惊喜的，植物也并非全为善类。在那些阴暗的角落里面，有一些植物，充当着杀手、寄生虫、强盗和骗子的角色。它们不再被动，反而积极地开始索取、搜刮甚至杀戮。比利时诗人梅特林克在《花的智慧》里面这样形容它们：

这些神经质的植物，已经轻轻越过，那分隔动物界和植物界的神秘而虚幻的山脊。

当这些本来通过光合作用自给自足的绿色植物越过那条山脊后，在它们面前展现开的是一个崭新的异养世界。那里充满算计、引诱、欺骗、杀戮和搜刮，一些生物从其他生物那里获得赖以生存的营养和能量。一些绿色植物经不住诱惑，也不禁开始投身于其间，并渐渐乐此不疲起来。它们中的一些种类对异养生活浅尝辄止，只是作为自己自养生活外的额外调剂和补给；而它们中的另一些，则已经走得远远的，远到已经忘却它们光合作用的本能，成为完全的异养者。

那么，就让我们进入异养植物的神奇世界，看看在这一转换过程中，异养植物都做出了哪些不可思议的改变。

异养植物是指不能完全依靠光合作用合成生长所需的有机物，必须摄取现成有机物维持生活的植物。异养植物包括食虫植物、寄生植物和

菌异养植物。不同的异养植物对异养的依赖程度也有所不同。

食虫植物对异养的依赖最弱。食虫植物往往生长在沼泽或沙地一类的土壤养分贫瘠的地区，由于土壤中缺乏足够的氮素，这使得它们演化出了各种各样的捕虫装置，通过捕捉小昆虫来获得氮素的补给。但食虫对它们来说只是一种补给，目前已知的所有的食虫植物都保留了光合作用的能力，在土壤氮素充足的情况下，其中的很多种类不依赖捕捉小昆虫也可以继续生存，所以并不算严格意义上的异养植物。

和食虫植物将异养作为光合作用之外的零嘴不同，寄生植物和菌异养植物的生长光靠自己的光合作用就无以为继了。除了氮素，它们还需要从其他生物那里获得碳素和其他营养，有很多种类干脆完全不进行光合作用，其需要的所有营养都来自其他生物，成为真正意义上的“寄生虫”。寄生植物需要通过寄生在其他植物上获得营养，根据异养依赖程度的不同，又可以分为仍然可以进行光合作用的半寄生植物（如槲寄生），和完全丧失光合作用能力，所有营养都来自寄主的全寄生植物（如大花草）。

菌异养植物以前被称为腐生植物，人们一开始以为它们是靠吸收土壤中的腐殖质生存的。但人们后来研究发现，它们其实是一类寄生在真菌之上的植物，腐生并不能确切地描述它们的生活状态，所以现在一般都称呼它们为菌异养植物。菌异养植物寄生于真菌之上，其实应该包含在寄生植物之内。但现在大家还是约定俗成，只将寄生于植物上的种类称为“寄生植物”，而用“菌异养植物”专门来称呼寄生在真菌上的植物。和寄生植物相似，菌异养植物也可以根据异养依赖程度的不同，分为仍然可以进行光合作用的半菌异养植物（如很多兰科植物），和完全丧失光合作用能力，所有营养都来自寄主的完全菌异养植物（如水晶兰）。

为了完成从自养到异养生活的转变，异养植物殚精竭虑，挖空心思演化出了很多让人瞠目结舌的结构和不走寻常路的诡异生活史，这也使

我们对它们充满了好奇。但在满足我们的好奇心之余，这些越过动植物界限山脊的异养植物，在演化生物学上也有着重要的价值，并成为生物学家爱不释手的研究对象。通过研究异养植物，我们可以探索从自养到异养的转变过程，研究它们跟寄主和猎物之间的互动，以及它们在生态系统中的重要作用。这些研究成果让我们对生命形式和生物的相互作用有了崭新的认识，科学家们从中提出并证明了很多演化生物学上的假说，有些假说甚至可以追溯到达尔文时期。

作为一名研究植物系统演化的博士生，异养植物也是我的课题的一部分。我很希望跟大家分享这些异养植物的奇妙之处，并在猎奇之余，借异养植物之手，为大家展现其背后更引人入胜的演化生物学研究，看看科学家们是怎样将这些奇葩变成手中的“玩具”把玩，并得出很多让人直呼不可思议的精妙结论的。

本书为读者提供了一个从演化生物学的角度，围绕以上这三类植物，展示异养植物充满算计、欺骗和阴谋的隐秘生活的小窗口。囿于篇幅，我只能忽略那些大家已经耳熟能详的例子，如猪笼草、捕蝇草和茅膏菜的故事。这些植物早在达尔文时代就已经被大量研究，我们对它们已经有了详细的了解，相信大家小时候在《人与自然》《国家自然地理》一类的科普节目里面也已经一睹为快。

当代科学研究围绕它们也没有很多刷新三观的结论，所以这里也就不再占用大家宝贵的时间了。我将着重介绍那些还不太为人所熟知的，处在演化生物学研究前沿的神奇素材，以飨读者。

它们或是在近期才刚刚被发现的热气腾腾的新物种（其中提到的某些物种是在本世纪才刚刚被发现的），或是当代生物学研究得出新奇结论的炙手可热的素材（所展示的研究最新可以到2017年），或是我的朋友在今年刚采集到神出鬼没的菌异养植物的精彩游记，都是大家在其他地方无法接触到的。但本书篇幅有限，挂一漏万，如有脱漏之处，也请读者多多包涵。

那么，诸位读者，就请跟随我，进入异养植物的神奇世界吧。

第一章　肉食植物还是谋杀植物？——食虫植物新视野

> 它们在当时成为哥特式文学、建筑和艺术的素材之一，并常常以大型食人植物的形态出现在维多利亚时期的恐怖探险故事中。

可能出乎很多人的意料，人们其实在很早以前就已经知晓肉食植物的存在了。在古代欧洲，当地原产的茅膏菜就已经被用于医药和凝结牛奶。茅膏菜在中世纪晚期就已经出现在各种草药书籍中了。目前可以找到的关于肉食植物的最早文献记载之一来自15世纪的伏尼契手稿（Voynich manuscript）。这份神秘手稿上被加密的文字到现在还没有被破译，第二次世界大战期间很多英美顶尖解码专家都企图破译它，但均宣告失败，这令很多人甚至怀疑上面的文字只是毫无意义的恶作剧。伏尼契手稿不光吸引了密码学家的注意，上面出现的诸多植物插画也吸引了植物学家的注意。比如手稿上出现的手绘图中，就确凿地出现了茅膏菜的典型形象。

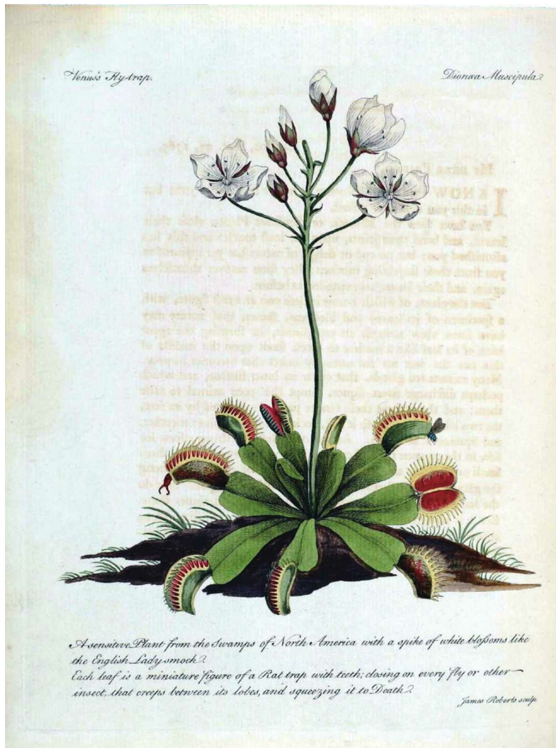


最早的茅膏菜图画之一，来自15世纪的伏尼契手稿

1576年，洛比留斯（Lobelius）描述并绘制了第一种非欧洲产的食虫植物——北美产的瓶子草。1658年，西方人首次描述了来自非洲热带马达加斯加岛的猪笼草。

虽然人们早就知道茅膏菜这类食虫植物的存在，却压根儿没有注意到它的肉食行为。植物捕食昆虫这一行为是完全超出当时的人的理解范围的。即便是看到了茅膏菜上的昆虫残骸，他们也会认为这跟其他黏糊糊的植物上粘住的昆虫没什么区别，充其量只是植物的自我保护行为。

西方第一次意识到植物的肉食行为，还要等到18世纪，1768年。当捕蝇草（Dionaea muscipula）的活体植株第一次从加利福尼亚随船来到伦敦时，就迅速引起了轰动。博物学家约翰·埃利斯（John Ellis）搞到了一些捕蝇草，并在一封信中首次使用了捕蝇草的学名——Dionaea muscipula，这一学名到现在仍然还作为捕蝇草的学名被使用。Dionaea来自爱神阿佛洛狄忒的母亲狄俄涅，muscipula则意为捕鼠夹，描述了捕蝇草的捕虫器官。这一名字其实对捕蝇草半闭的捕虫夹形象有着鲜明的性影射，但植物学家对此往往讳莫如深，闭口不谈。



约翰·埃利斯写给林奈的信中的捕蝇草插图

当时植物学界的最高权威林奈在看到捕蝇草后将其形容为自然界的奇迹（miraculum　naturae）。但他一点也不觉得埃利斯拟定的让人浮想联翩的学名有何猥亵之处，因为他自己也曾为捕蝇草想过好些不忍直视的名字，如Orchis（睾丸）、Phallus（阴茎）。但林奈的确是被捕蝇草的食虫行为搞得很恼火，作为一个虔诚的宗教徒，他认为捕蝇草“违抗了以神的意志所定下的自然法则”。

这一来自当时植物学“教皇”的裁决，使得在此之后的一个世纪中都没有植物学家敢对捕蝇草进行进一步的研究，因为他们担心研究捕蝇草会冒犯到林奈。但有一位新生代的生物学家却初生牛犊不怕虎，大胆地迈出了研究肉食植物的第一步。他就是演化生物学的祖师爷——达尔文。

达尔文本人对食虫植物非常着迷，他做过大量关于圆叶茅膏菜（Drosera　rotundifolia）捕食机制的研究。他观察茅膏菜叶片所捕捉

到的昆虫的种类和数量，并用盐、蛋白和小块奶酪投喂茅膏菜，观察它的消化行为，认为茅膏菜的感觉动作器官比任何人类的神经都要灵敏。达尔文在1875年将他的研究成果写入了400页的经典著作《食虫植物》（Insectivorous plants）中，同时也使得“食虫植物”这一称谓广为人知。

但这一研究成果在当时遭到了其他植物学家的愤怒抵制。有植物学家形容达尔文的工作是“科学垃圾”，更有人认为达尔文这些怪诞的违背自然法则的研究成果是如同幻想小说一般的胡编乱造，不应该被严肃对待。达尔文的重要支持者约翰·拉伯克（John Lubbock）的妻子在读完《食虫植物》之后曾写过一首诗送给达尔文：

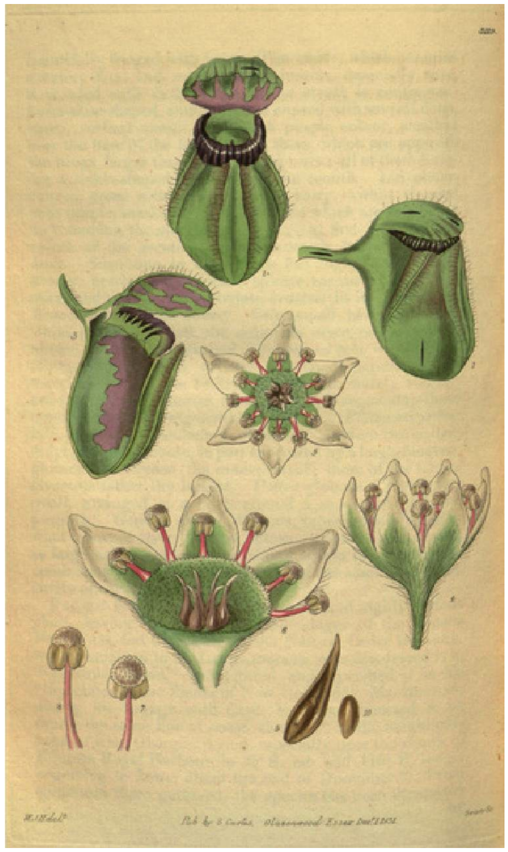
我从不相信茅膏菜
自从我跟朋友去拜访它
目睹它恐怖的触手
全部扭曲起来开始

但历史最终证明了达尔文这些研究成果的正确性和前瞻性。

插一个趣话，达尔文也有看走眼的时候。当他从塔斯马尼亚来到澳大利亚西南部时，他于1839年2月17日的乘船考察日记里记录：

我们在那里停留了八天，我不记得在离开英国后，经历过比这更沉闷乏味的日子了。

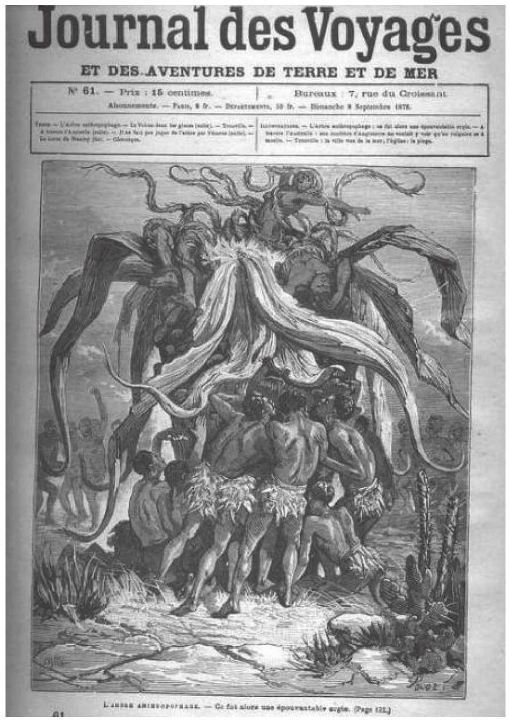
达尔文忽视掉的澳大利亚西南部，却恰恰是他为之着迷的肉食植物在世界范围内多样性第二高的地方（86种）。这次“著名”的不以为意，也让他错失了见到当地特有的肉食植物土瓶草的机会。【fen享v信boo ker113】



1831年出版的《柯蒂斯植物学杂志》第58卷中的土瓶草（Cephalotus follicularis）。土瓶草是土瓶草科唯一的一种，产于澳大利亚西南部。在达尔文考察澳大利亚西南部时土瓶草已为人所知，但达尔文当时可能并未知晓

之后随着人们与肉食植物的接触逐渐增多，它们所具有的侵略性的外表和杀戮的本能，使得它们在当时成为哥特式文学、建筑和艺术的素材之一，并常常以大型食人植物的形态出现在维多利亚时期的恐怖探险故事中。在这些故事中，肉食植物长得比人还要高大，有着四处挥舞的粗长触手，触手上长满了尖刺，可以把误入热带雨林深处的旅人缠住，并一直拖到它的血盆大口之中。德国探险家卡尔·里奇（Carl Liche）说当他和同伴在马达加斯加的丛林中旅行时，一棵像2.5米高的菠萝一样的植物出现在他们面前。这棵植物树干膨胀，有8片3~4米长的叶子，其上长满了钩子一样的棘刺，并围绕着一片充满蜂蜜一般香甜的液体的凹陷处而生。在树的顶端生有一系列延长呈绿色的卷须和触手，“毫不停歇并充满活力地扭动着”。一名妇女被人从背后用标枪指着，强迫爬

上树干。“这棵一开始迟钝得像死掉了一样的残暴的食人树，忽然变得充满活力起来。那些看上去柔弱纤细的触须，变得像饥饿不已的蛇一样狂躁，在她的头上颤动。然后它们凭借如同着魔一般的本能，开始一圈又一圈地缠绕她的脖子和手臂。那名女子在不断地发出可怕的尖叫声，周围的人则都在哄笑。”



1878年法国《旅行杂志》中的食人树形象

读者们对这些故事信以为真，从丛林中归来的探险家则带来了越来越多、各式各样关于食人树的恐怖故事：凶残的类人猿，被藤蔓覆盖的失落的城市，以及马达加斯加丛林中的食人树。布尔（Buel）在1887年的书《大海与陆地》中用了一章来专门写肉食植物，并对捕蝇草和茅膏菜进行了描述。然后他又描述了来自非洲中部和美洲中部的一种植物，被当地人叫作“我看见你了”。“这种植物并不满足于它们捕获并吃掉的大量昆虫，它们野心勃勃地想要把人也当作猎物……等待不幸的探险家的命运是什么呢？……他的身体被榨干，直到其中最后一滴血被挤出来，然后被这种嗜血的植物吸收。干瘪的尸体被扔掉，恐怖的陷阱再次

蓄势待发。”

时间来到20世纪，科学的进步仍然没有驱散人们对肉食植物哥特式幻想的热衷。肉食植物最有名的银幕形象应该是1986年改编自同名舞台剧《恐怖小店》（Little Shop of Horrors）中的奥黛丽二世（Audrey II）。主角在一个日全食的下午，从一个中国商人那里买到了这株奇怪的植物。东方幻想跟食虫植物的哥特形象杂糅在一起，让奥黛丽二世在银幕上大开杀戒。2001年的小说《少年派》中也描绘了在海上由肉食藻类构成的漂浮毯状物。托尔金的《指环王·护戒使者》中，霍比特人睡着之后，发现他们正在被一种植物吞食。食虫植物的这一哥特形象也一直延续到了“哈利·波特”系列里的毒须草（Tentacula）上。在日本著名游戏和动画《口袋妖怪》中，诸如喇叭芽、口呆花、大食花一类的怪兽，也是以肉食植物为原型设计的。



1986年电影《恐怖小店》中的奥黛丽二世。（小铖绘）

我小时候曾经痴迷于各种科普书籍，对里面描述到的各种稀奇古怪的动植物还记忆犹新。即便是在号称“自然大百科全书”的科普类书籍中，我也能看到关于食人树的描述，被称为“奠柏”，其形象跟前面提到的马达加斯加热带雨林中的食人树如出一辙。这些虚构的幻想混杂在

各种严肃的科学知识中，让人难以分清真假。我在上中学的时候，还相信世界上有食人树的存在。不知道现在的小朋友们看的科普书籍中，还有没有它的“芳影”呢？晚上入眠的时候，还会不会被吓得睡不着觉呢？

到了当代，随着对食虫植物研究和了解的深入，食虫植物（insectivorous plants）这一因达尔文而广为流传的称谓就显得不准确和颇具争议了。食虫植物的食谱并不仅仅包含昆虫，也包含很多其他的节肢动物、线虫、浮游生物，甚至小型脊椎动物。所以现在大家更倾向于叫它们肉食植物（carnivorous plant）。但即便是肉食植物，也并不能完全准确地描述这一类植物，因为诸如苹果猪笼草（Nepenthes ampullaria）已经逐渐失去了肉食习性，其笼口宽阔，笼盖后翻，通过搜集从雨林上层掉落的树叶和鸟粪产生的腐殖质提供营养，有一些狸藻也会捕食浮游藻类。我们应该怎样称呼这些植物呢？食腐植物？食植植物？但生命形式永远不缺乏例外，生物学对这样的极端个例是极其宽容的，我们不妨宽容一点，继续使用肉食植物这一称谓。

判断一种植物是否为肉食植物的标准有三条：1．通过陷阱装置吸引猎物。 2．通过陷阱装置捕捉猎物。3．通过分泌酶消化猎物。

前两点是显而易见的，第三点就引起了很多的争议。因为人们后来发现，很多肉食植物没有自己分泌消化酶的能力，而是需要通过微生物帮助降解有机质的。比如瓶子草科（Sarraceniaceae）的三个属中，眼镜蛇草属（Darlingtonia）和太阳瓶子草属（Heliamphora）是没有能力消化食物的，只有瓶子草属（Sarracenia）可以分泌消化酶。那么前面两种是否可以算作肉食植物呢？如果不算作肉食植物的话，它们明显是通过抓捕动物获得了营养，只不过是在微生物的帮助下进行分解并吸收营养的。如果算作肉食植物的话，诸如某些天竺葵、西番莲一类有黏性腺毛，可以粘住爬于其上的小昆虫的植物，是否也能算作肉食植物呢？因为它们明显也可以通过自己粘住的动物尸体被微生物分解时所

产生的营养获益。



从左到右依次为瓶子草科的三属植物：眼镜蛇草（Darlingtonia californica），分布于美国西海岸（图自Noah Elhardt）；太阳瓶子草（Heliamphora chimantensis），分布于南美洲（图自Andreas Eils）；瓶子草（Sarracenia spp.），分布于北美洲（图自Noah Elhardt）。眼镜蛇草和太阳瓶子草不分泌消化酶，依靠微生物降解猎物获得营养，是原肉食植物；只有瓶子草能分泌消化酶，是真肉食植物

从演化顺序上来看，捕虫装置的形成，也是早于消化机制的产生的。所以有人就提出了新的概念来区分这些不同的植物，将那些具有杀死动物的行为的植物广义地称为谋杀植物（murderous plants），将有明显捕虫装置，但缺乏消化功能的植物称为原肉食植物（proto-carnivorous plant），而将同时有捕虫装置也有消化功能的植物称为真肉食植物（true carnivorous plant）。

从系统发育的角度来看，食虫植物独立起源了6～7次，分布于约10个科，20个属，650种。这其中既有早已为大家所熟知的猪笼草、茅膏菜、狸藻、捕蝇草和瓶子草，也有迟至1979年才被发现肉食性的生长于西非的盾籽穗叶藤（Triphyophyllum peltatum）和2012年才被证实肉食性的菲尔科西亚属（Philcoxia）。

肉食植物由于跟动物存在高度的互动，也产生了很多演化生物学上的奇特议题，吸引了生物学家的注意。我将在后面以专题的形式围绕不同的肉食植物揭示它们的奇特之处和背后的科学故事。

第二章　吸引、捕食和消化——肉食植物的捕食机制

> 肉食性在植物中独立起源了很多次，所以不同的肉食植物也有着不同的机制和结构来完成这些步骤。

吸引、捕食和消化是肉食植物完成捕食所需要的三个步骤。肉食性在植物中独立起源了很多次，所以不同的肉食植物也有着不同的机制和结构来完成这些步骤。

吸引是第一步。很多肉食植物，特别是瓶子草类，都有着显眼的颜色。这些颜色来自黄酮类化合物和花青素，使得人眼看起来呈现出黄色、紫色或红色。这些颜色也成功模拟了花朵的颜色，可以吸引大量昆虫来访。一些瓶子草属和眼镜蛇草属植物有着透明、窗户一样的斑点，困在里面的猎物以为它们能指示出逃出生天的路径，并会一次又一次地尝试向上爬。最终它们力竭跌落并被淹死在瓶底。跟花朵相仿，很多肉食植物还有着跟花的蜜源指示信号相仿的紫外吸收区域，昆虫能够看见并被这些信号引导前来。很多昆虫，如膜翅目昆虫，可以分辨黄色、蓝色和紫外线光。另外一些昆虫不能分辨颜色，只能分辨光和暗的程度。不同的捕虫陷阱能发出不同的紫外线光，吸引不同的昆虫造访。粘虫草靠强烈的紫外线光对比效应来吸引昆虫。位于植株底部老化枯萎的叶片形成了反射紫外光的背景。而植株上方具有腺体的生长部分则因为吸收紫外光，而仿佛处于黑暗中。捕蝇草捕虫夹的边缘吸收了紫外光，从而显得比内侧的消化区域更暗。

土瓶草（Cephalotus follicularis）则与此相反。它并不模仿花朵的鲜艳颜色，而是极力模仿周围环境的颜色来隐藏自己。土瓶草的捕

虫笼埋入附近的苔藓和小型地被植物中，猎物经过的时候往往察觉不到陷阱的存在，从而跌入捕虫囊中被捕食。



土瓶草的生境。其捕虫笼低矮，颜色和质地模仿周围的环境。（图自Holger Hennern）

相比视觉，很多昆虫的嗅觉和味觉更为发达，所以有些肉食植物的捕虫结构还会释放出芳香甜味物质等化学信号，这些化学信号可以传播到很远的地方来吸引昆虫。最常见的吸引猎物的化学信号是蜜汁，分泌蜜汁的结构一般都位于捕虫器危险区域的边缘。猪笼草在捕虫囊的边缘会分泌甜味物质，其浓度相比捕虫囊的内部要高得多，以此引诱昆虫在最危险的地方着陆。太阳瓶子草则在捕虫瓶顶端的勺状叶盖处分泌蜜汁。猎物被这些物质吸引而来，但捕虫囊的边缘异常光滑，当它们想在其上歇脚的时候，就会直接跌入捕虫囊中。诸如螺旋狸藻和狸藻之类捕虫装置在地下或水中的肉食植物，还会释放可溶性吸引物质来吸引猎物。白环猪笼草会结合化学信号和触觉信号，在捕虫笼的下方以富含蛋白质的纤毛形成一圈白色的环状结构，吸引白蚁来取食。



白环猪笼草（Nepenthes albomarginata）捕虫笼的下方以富含蛋白质的纤毛形成一圈白色的环状结构，用以吸引白蚁来取食。右图为取食后的状态。（Vincent Bazile摄）

水生狸藻丝状分支的叶片和藻类的叶片形状相仿，为各种水生微生物提供了栖息地，并吸引它们前来被狸藻捕食。而一些甲壳类动物也会为了捕食聚集在这里的水生微生物而前来，却反而成了狸藻的食物。

所有的肉食植物无一例外都以叶作为捕虫器官。我们可以根据机制的不同将其分为五类：捕虫笼、粘虫陷阱、捕虫夹、吸入陷阱和龙虾笼陷阱。而按其功能我们也可以把它们分为主动捕虫器和被动捕虫器这两大类。前者会主动行动来捕获猎物，捕虫夹和吸入陷阱属于此类；后者则完全不动作，如捕虫笼和龙虾笼陷阱。粘虫陷阱则兼有主动捕虫器和被动捕虫器两类。

捕虫笼是最常见的捕虫陷阱，属于被动捕虫器。我们熟知的猪笼草、瓶子草以及土瓶草、凤梨类植物都采用这一陷阱。捕虫笼由叶变态形成的管道或囊状结构组成，靠其与花朵相近的颜色来吸引猎物。捕虫笼的边缘光滑，边缘附近往往会有甜味物质吸引猎物。猎物被吸引，来到捕虫笼，一不小心就会从其非常光滑的边缘失足跌入捕虫笼内，被底部的液体淹死并消化。

捕虫夹是捕蝇草和水生的貉藻独有的主动捕虫装置。如夹子一般的变态叶可以从中脉处迅速关闭。捕蝇草的捕虫夹中有触觉感受毛，一旦

被昆虫触碰，纤毛压力通过电信号传导，在细胞内激活离子通道导致pH值发生改变，渗透压产生变化，细胞发生形变，从而最终导致整个捕虫夹的关闭。刺激信号的传导速度高达17cm/s。一旦猎物被关住后，陷阱中大量的消化腺就会开始分泌消化液，来分解昆虫体内的蛋白质。



从左到右可见瓶子草的捕虫笼，捕蝇草的捕虫夹和猪笼草的捕虫笼。（林十之摄）

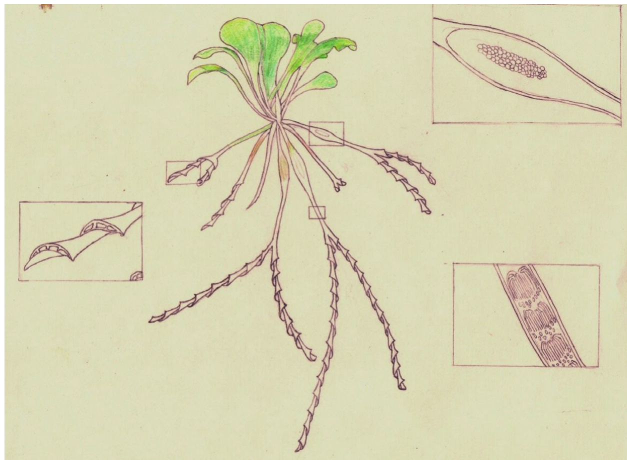
茅膏菜、粘虫草、捕虫堇、腺毛草、盾籽穗叶藤等捕虫植物则采用粘虫陷阱。它们的叶片上密布可以产生黏液的腺毛。这些腺毛的顶端被黏液所覆盖包裹，在阳光下像露珠一样闪闪发光。昆虫被黏液的外观和甜味吸引，误以为它们是蜜汁而来访，便会被黏液粘住动弹不得。小型猎物会立刻被固定住，稍大一些的猎物则会在被粘住之后不断挣扎，但这只会让它们被周围更多的黏液包裹住，最终动弹不得。当昆虫的气孔被黏液完全堵住的时候，它们就会逐渐窒息死亡。而且茅膏菜的叶片还会主动卷曲包裹住猎物，以提高消化效率。



粘虫草（Drosophyllum lusitanicum），粘虫草科的唯一种，分布于地中海西岸。跟茅膏菜关系很近，同样使用粘虫陷阱，但粘住昆虫之后叶片不会像茅膏菜那样主动卷曲。（Carsten Niehaus摄）

吸入陷阱则是狸藻的独门暗器。这种主动捕虫器由中空的囊状结构构成，有一个像阀门一样的开口。狸藻会在其捕虫囊中形成真空负压，在其顶端有一个只能向内部打开的门。猎物靠近捕虫囊时触发门周围的感觉毛，门就会打开，将猎物跟水一起吸入捕虫囊中。门的开闭所花的时间不超过1/500秒，动作是整个植物界已知最快的。此外，腺体还会分泌黏液来封闭开口。

龙虾笼陷阱是螺旋狸藻的独门秘籍，螺旋狸藻的地下叶不含叶绿素，并常常被人误以为是根系。变态叶的中段膨大，其前端会形成V字形的螺旋分叉。很长时间内人们完全不知道这一奇特的结构是干什么用的，直到20世纪末，这一被动捕虫装置才被人们仔细研究并阐释其作用。跟捕龙虾使用的笼子相似，螺旋狸藻的地下根状叶中的空腔中长满了倒毛。原生动物进入根状叶的空腔之后，便只能顺着倒毛的方向移动，一条路走到黑，而不能折返，直到进入具有消化功能的部位被消化。另有一种生长于美国东南部的鹦鹉瓶子草（Sarracenia psittacina）则结合了捕虫笼和龙虾笼两种陷阱。当昆虫被其捕虫笼边缘的蜜汁吸引前来时，就会失足掉入笼中。但和其他瓶子草竖直生长的捕虫笼不同，鹦鹉瓶子草的捕虫笼水平躺倒在地面上，其捕虫笼内表面密布的倒毛会迫使昆虫只能向捕虫笼深处运动，直到最终被底部的消化液所消化。



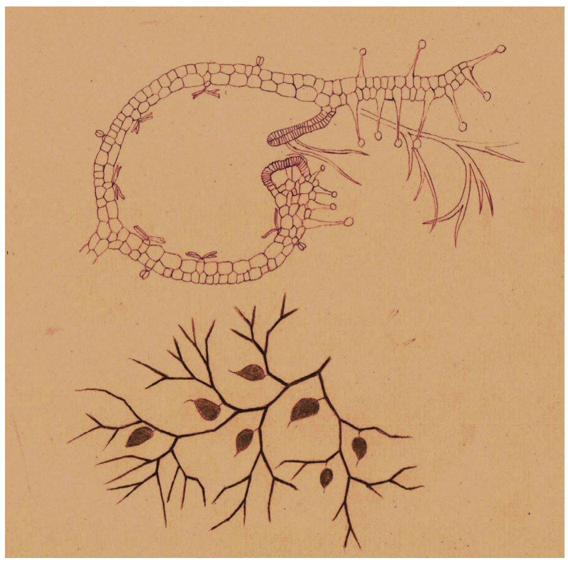
螺旋狸藻（Genlisea）的龙虾笼捕虫陷阱。左下可见前端开口，右下可见根状叶空腔中的倒毛，迫使猎物只能向根状叶的内部深入而不能倒退，最终在右上所示的消化腔中被消化。（小铖绘）



鹦鹉瓶子草（Kurt Stüber摄）

如前面所说的那样，接下来猎物的消化，真肉食植物可以通过自己分泌消化酶完成，原肉食植物不能自行分泌消化酶，而需要借助细菌和真菌的分解作用完成。肉食植物不会吸收猎物中的所有营养物质。虽然除了氮和磷，动物体内还含有钙、镁和钾等营养物质，研究表明瓶子草类植物只大量吸收氮和磷。另有一些研究表明狸藻和盾籽穗叶藤能吸收镁和钙。圆叶茅膏菜能吸收猎物中35%的氮素，捕虫堇能吸收约为30%的氮素。植物体不光能从动物体内吸收氮素，还可以依靠根系和与之共生的固氮菌从土壤里吸收氮素。而最终植物体内有多少氮素来源于动物，

不同的肉食植物也有差异。奇异猪笼草（Nepenthes mirabilis）体内60%的氮素来自动物，眼镜蛇草则有75%的氮素来自动物，但土瓶草中则只有25%的氮素来自动物。此外，肉食植物从动物体内吸收到的氮素，也会运往不同的部位进行利用。捕虫堇会将45%～61%的氮素储存到冬芽中，以度过寒冷的冬天并准备第二年的萌发生长。狸藻会将吸收的大部分氮和磷运输到植物幼嫩的部分。而在奇异猪笼草中，其仍然处在生长期的幼叶也会有着更高浓度的氮素含量。貉藻也会将几乎所有从猎物中获得的氮素运往生长组织。



南方狸藻（Utricularia australis）的捕虫囊。捕虫囊内部呈负压，囊的开口处有感觉毛，动物触碰时就会触发开口打开。（小铖绘）

所有的肉食植物都仍进行光合作用，说明肉食习性只为它们提供营养补给，而其能源则仍然来自太阳。大部分肉食植物都长有大量的叶片，并需要在阳光充足的地方生长。如果它们得不到足够的阳光，其生长就会受到严重影响。但一些陆生的狸藻，相较于它们大型的花序和苍白的地下根系，其叶片也非常微小，似乎不足以从光合作用中得到足够的能量供给它们生存。这表明它们的一部分能量来源可能是动物性猎物。有研究人员将这些狸藻放置在充满碳素来源的完全黑暗的环境中，结果发现它们仍然能够顺利生长。这一结果也支持了这些植物可能是部

分异养的猜想。

肉食植物有着不同类型的消化腺。腺毛草、茅膏菜、捕虫堇、粘虫草和盾籽穗叶藤具带柄的腺体；不带柄的腺体出现在貉藻、腺毛草、捕蝇草、粘虫草、螺旋狸藻、猪笼草、捕虫堇、盾籽穗叶藤和狸藻中。凹陷入植物组织内部的腺体则只出现在土瓶草、眼镜蛇草和瓶子草中。这些消化腺体不仅产生消化酶，同时也有感受器和营养吸收的功能。

而消化猎物的过程也可以分为以下三种类型：捕虫笼、龙虾笼和吸入陷阱形成一个封闭的消化空间，其中一直充满了消化液。猎物则在这一“胃”状结构中不断被消化；貉藻跟捕蝇草使用的捕虫夹，则只在抓获猎物之后，才开始分泌消化液进行消化；粘虫陷阱则将消化液直接分泌到黏液中，在粘住昆虫的部位进行消化。



谷霍腺毛草（Byblis guehoi）粘住的昆虫。谷霍腺毛草的消化酶被直接分泌到黏液中，昆虫在被粘住的地方直接被消化。（橙子夏2013摄）

肉食植物彻底消化猎物的时间视猎物种类和猎物大小而定。粘虫草能够在24小时内消化掉一只蚊子，捕蝇草则需要在捕获猎物20小时后才开始分泌消化酶。猎物尺寸越小，肉食植物消化得越快。过大的猎物对肉食植物反而会造成损伤，如果不能及时消化，剩余的蛋白质就会吸引细菌和真菌着生，使得叶片容易腐烂。

第三章　狼狈为奸与三角关系——捕虫树的心机

在这一三角关系中，三者都是心机满满，所谓没有永远的朋友，只有永远的利益。

捕虫树（Roridula）是捕虫树科捕虫树属植物，只有两种，生长在南非最南端的开普地区。属名来自拉丁文“roridus”，意为被露水打湿，体现了其捕食叶上的黏性分泌液。植物学家卡尔·蒂恩贝格（Carl Peter Thunberg）在1773年去南非旅行时，在开普地区看到了这种植物。他说当地人用捕虫树来粘屋子里的苍蝇。当林奈于1764年首次描述该属的时候，捕虫树跟茅膏菜被放在一个科里。到了1924年，该属才被独立成科。由于具有类似的粘虫陷阱，捕虫树一开始被认为跟澳大利亚产的肉食植物腺毛草关系很近。当代分子系统学研究则表明，捕虫树应该属于杜鹃花目，其最近的亲戚是猕猴桃科和另一美洲肉食植物类群瓶子草科。



捕虫树（Roridula gorgonias）。可以长至两米高。（图自Polypompholyx）

捕虫树生长在非常贫瘠的山区石英岩沙砾中，因此需要靠肉食行为补充所需的营养。捕虫树对当地干燥易燃的环境有着特殊的适应性，在频繁出现的山火之后，捕虫树的种子可以在寸草不生的一片焦土中萌发，并借此在与其他植物的生长竞争中取得优势。捕虫树可以长至两米高，并有着非常发达的，由大量细长根须组成的根系，条件适宜时植株可以开出漂亮的由五个萼片、五个花瓣、五个雄蕊和三个联合心皮组成的粉红色小花。雄蕊的基部会分泌蜜汁，可以吸引昆虫来传粉。捕虫树的茎干上端有着黄绿色、无托叶的细长的叶片。叶片上密布黏性极高的腺毛。黏液在阳光下如同蜜汁一样闪光，吸引昆虫来访，并将其牢牢粘住。捕虫树的猎物主要是飞行昆虫，如苍蝇跟胡蜂。由于捕虫树的分泌液黏性非常高，有时也能捕捉到诸如蝴蝶或者蜻蜓之类的大型昆虫。人们一度认为捕虫树是跟茅膏菜类似的肉食植物，因为它们都采用相似的粘虫陷阱来捕捉昆虫。但后来的研究表明，它并没有能力自己产生消化酶，仅仅是将昆虫粘住而已。所以后来人们将捕虫树归到了不靠自己消化猎物，而是通过其他生物协助获得营养的原肉食植物。

捕虫树不能自己消化猎物，那么它们是靠什么来消化猎物获得营养的呢？这就不得不提到跟捕虫树共生的两种刺蝽（Pameridea marlothii,P. roridulae）和一种花叶蛛（Synaema marlothii）了。刺蝽和花叶蛛可以在捕虫树上自由行走而不被粘住。刺蝽独特的端跗节构造可以使它们紧握住捕虫树腺毛不具黏性的茎干部分，因而不会被具黏性的顶端粘住。此外，刺蝽在捕虫树上行走时会尽量避免跟其进行身体接触，它们还会经常清理自己的身体，防止被过多的黏液粘住。1996年的一项研究通过追踪捕虫树体内的氮素来源，发现捕虫树的营养的确大量来自它捕获的昆虫。刺蝽行走在捕虫树上，吸食捕虫树粘住的其他昆虫，花叶蛛同时也捕食刺蝽。捕虫树为它们提供庇护和食物，并通过它们的排泄物吸收营养，形成狼狈为奸的共生关系。

但故事并没有那么简单，研究者后来发现捕虫树、刺蝽和花叶蛛的共生关系比预想的要复杂得多。南非科学家在2002年的一项研究中，利用同位素标记了粘在捕虫树上的昆虫，仔细研究了其在不同条件下的营养吸收情况。结果表明，当刺蝽占多数的时候，捕虫树能够最终从猎物中获得70%的氮素；但当花叶蛛占多数的时候，捕虫树则只能获得30%的氮素。研究者将它们的关系形容成“两人跳探戈，三人起冲突”（It takes two to tango but three is a tangle）。刺蝽跟捕虫树的关系是互惠互利的，刺蝽为捕虫树消化猎物，并用排泄物为捕虫树提供营养；捕虫树则为刺蝽提供食物来源和栖息地，两者各取所需。但插足于其中的花叶蛛，则充当了欺骗者的角色，它更像是捕虫树上的寄生虫，靠捕食被粘住的昆虫和刺蝽获利，却厚颜无耻地不对捕虫树做出应有的回馈。

然而世事难料，2007年，上述研究者又进行了进一步的实验，发现这一三角关系并非之前想象得那样单纯，剧情又有了新的反转。通过人为控制捕虫树上的昆虫数量，研究者比较了捕虫树在不同情况下的生长状况。结果发现，刺蝽跟捕虫树的友谊并没有看上去那么牢靠，花叶蛛也并不是不劳而获的欺骗者。刺蝽其实也心怀鬼胎，在捕食捕虫树粘住的昆虫的同时，也吸食捕虫树的汁液。研究者们发现当刺蝽的种群规模过大的时候，没有足够的昆虫供给，刺蝽就会开始大量吸食捕虫树的汁液，捕虫树的生长反而会受到严重影响。这个时候花叶蛛的重要性就体现出来了。花叶蛛依靠捕食刺蝽对刺蝽的种群规模进行了限制，能够防止其种群规模过度膨胀危害到捕虫树的健康。

在这一三角关系中，三者都是心机满满，所谓没有永远的朋友，只有永远的利益。捕虫树招来刺蝽为自己消化猎物，刺蝽心里也有着自己的小算盘，欺负捕虫树无力反抗，趁机也从它身上揩油。然而捕虫树也不是省油的灯，它又招来了花叶蛛来保护自己。虽然花叶蛛没办法为自己提供多少营养，但花点小钱给自己雇个保镖，打压控制一下有恃无恐的刺蝽，也是利大于弊的。

这就是捕虫树跟刺蝽与花叶蛛的共生关系，看似和和美美，实则尔虞我诈，相互制衡，上演了一出自然界的《三国演义》。



捕虫树（Roridula dentata）和其上共栖的两种节肢动物：刺蝽和花叶蛛。刺蝽和花叶蛛为捕虫树消化其所捕获的猎物，并通过排泄物为捕虫树提供生长所需的营养。花叶蛛同时也捕食刺蝽，防止同时取食捕虫树的刺蝽种群过大，威胁到捕虫树的健康。（小铖绘）

想要饲养捕虫树的肉食植物爱好者，最好使用比例为3：1的泥煤和石英混合物。介质的湿润度要适中，以避免根系腐烂，但也不要彻底使其干燥，并且需要用不含石灰钙质的水进行浇灌。捕虫树需要光照充足但温度适中的环境，可以用种子进行种植。

第四章　传粉者还是食物？——花柱草的野心

> 有一种植物，对待传粉者和猎物都非常粗暴，简直就是植物界如同老虎狮子一般彪悍的存在——它就是花柱草。

肉食植物所要面临的一大困境是，怎样保护自己的传粉者不被自己吃掉。植物毕竟不比动物，无法主动甄别猎物。没有肉食植物希望承载着自己繁育下一代希望的传粉者转头就成为自己的盘中餐。吃饱事小，繁殖才是头等大事。所以肉食植物是怎样协调肉食行为和传粉这一对矛盾的呢？诸如瓶子草和捕虫堇之类的肉食植物，会将花开在高高的花茎之上，使自己的繁殖器官远离捕虫陷阱，免得传粉者被自己误杀，功亏一篑。另有一些瓶子草，则采取了将肉食行为和传粉在时间上分隔开的策略。在新的生长季来临的时候，它们的花序都会先于捕虫笼约一个月生长出来，在完成授粉之后，才长出捕虫笼开始进行肉食行为，从而尽量避免误伤传粉者。而另有研究者认为，肉食植物在漫长的演化中，对其捕食的昆虫和传粉的昆虫进行了不断选择，最终出现了专一化的趋势，使得这两者井水不犯河水。但我们对这一捕食专一性的研究还非常有限，目前还没有很有说服性的研究来验证。

但有一种植物，对待传粉者和猎物都非常粗暴，简直就是植物界如同老虎狮子一般彪悍的存在——它就是花柱草。



紫瓶子草（Sarracenia purpurea）高耸的花茎，使它的花跟捕虫笼离得远远的，可以防止传粉者被自己误食。（图自shipguy）



锦地罗（Drosera burmannii）高耸的花茎，防止其传粉者被下面的叶片粘住。（小铖摄）



奇异猪笼草高耸的花序，远离其捕虫笼。（小铖摄）

花柱草属于花柱草科（Stylidiaceae）花柱草属（Stylidium），有约300种，主要分布在大洋洲，光是西澳大利亚就有150种花柱草，并使得花柱草属成为澳大利亚植物中的第五大属。花柱草的属名来自希腊语“stylos”，意为柱子，突出了它们不同寻常的柱头结构。一些种类的花柱草只有几厘米高，但有一些可以长到1.8米高。花柱草在靠近地面的位置长有莲座状的叶，从中间伸出高高的花茎来。我国也有两种，产于南岭以南地区。一种是湿地花柱草（S. uliginosum），产于广东、海南的山脉上以及溪水边的湿润草地中。另一种是狭叶花柱草（S. tenellum），产于福建、广东、海南、云南的稻田和湿地中。前者叶基生，后者叶茎生。



花柱草，可以在花的侧面看到蓄势待发的后仰的花柱，准备打击传粉者。（小铖摄）

1770年，英国海军上校詹姆斯·库克（Captain　Cook）乘“努力号”三桅帆船，完成新西兰沿海旅行后，来到澳大利亚东部悉尼海岸的植物学湾（Botany Bay），同行的植物学家第一次发现了花柱草。同行的著名植物插画家悉尼·帕金森（Sydney Parkinson）为花柱草画了草图，这些图片也出现在了随后出版的《班克斯群芳谱》（Banks’Florilegium）中。这趟航行也是人们首次到达澳大利亚东岸，植物学湾也因其令人惊叹的丰富植物种类而得名。19世纪早期，法国植物学家查理·莫伦撰写了第一份花柱草形态解剖的报告。随着后来人们越来越多地开始造访大洋洲，新的花柱草也越来越多地被人们发现。大部分花柱草种类都比较耐寒耐冷，容易在温室或户外花园种植。英国的大部分地区和美国的纽约、西雅图以南的地区都可以进行种植。

花柱草最引人注目的特征不是它的肉食性，而是它的传粉方式。花柱草的花有四片花瓣，两侧对称，一般总状花序排列，也有形成单花的种类。花的大小从0.5厘米到二三厘米不等，花色一般为白色、黄色或

粉色。花柱草采用一种极具有攻击性的方式对待传粉者。它的雌雄蕊融合成一根花柱，平时像手枪的扳机一样后仰在花的下方。当传粉者造访停留在花朵上的时候，就会刺激花柱的膨胀压发生改变，花柱就会从后向前发射，如同蓄势待发的拳击手忽然出拳一样，对着传粉者打去，使传粉者全身密布花粉。整个过程需要的时间可以快至15毫秒。在“开火”之后，花柱会慢慢恢复到它的初始位置，这一过程则要慢一些，需要几分钟或者半个小时。复位之后便可以进行下一次“开火”了。为了降低自交率，花柱草还有雌雄异熟现象。也就是说花柱上的雌蕊和雄蕊会先后成熟，轮流使用同一根花柱攻击传粉者。雌蕊成熟的时候就接受来自其他植株的花粉，雄蕊成熟的时候就将花粉打到传粉者身上。不同种类的花柱草的扳机装置的位置也有所不同，有的会打向传粉者的背部，有的则会打击传粉者的肚子。可怜的传粉者小昆虫们，经常会被花柱草打得晕头转向。



花柱草（Stylidium turbinatum）花的侧面观（左）和花柱的发射过程（右）。花柱草的雌雄蕊融合成一根花柱，平时后仰在花的下方。当传粉者停留在花朵上的时候，就会刺激花柱从后向前发射，对着传粉者打去，使传粉者全身密布花粉。（小铖绘）

花柱草不仅极具攻击性地粗暴对待传粉者，更神奇的是它居然还具有肉食性！可谓将昆虫吃干抹净，毫不留情。但跟它在传粉上的攻击性

相比，它的肉食性就显得“温柔”多了。花柱草采用的是跟茅膏菜类似的粘虫陷阱，其花被、叶和花茎上都密布腺毛，能够分泌黏液粘住昆虫。一些研究发现某些种类的花柱草可以分泌消化酶，但关于花柱草的消化功能的研究还不够充分，它到底是拥有自行消化功能的真肉食植物，还是需要借助微生物来消化的原肉食植物，还需要进一步研究验证。

那么问题来了。花柱草一点都不避讳传粉跟肉食，黏黏的腺毛甚至都长到花茎和花上去了，它就不怕把自己的传粉者也吃了吗？观察所得到的结论是，跟茅膏菜相比，花柱草的粘虫陷阱的黏度要低得多，只能粘住一些非常微小的昆虫，这些昆虫往往不会为花柱草传粉（想想它们的小身板也是经不起花柱草粗暴的攻击的）。花柱草的食虫行为，似乎本来目的只是保护自己的繁殖器官不被其他小型昆虫侵害，而不是为了从它们身上获取营养，获取营养或许只是一个提供零嘴的添头技能。花柱草的肉食行为还需要研究进一步验证。

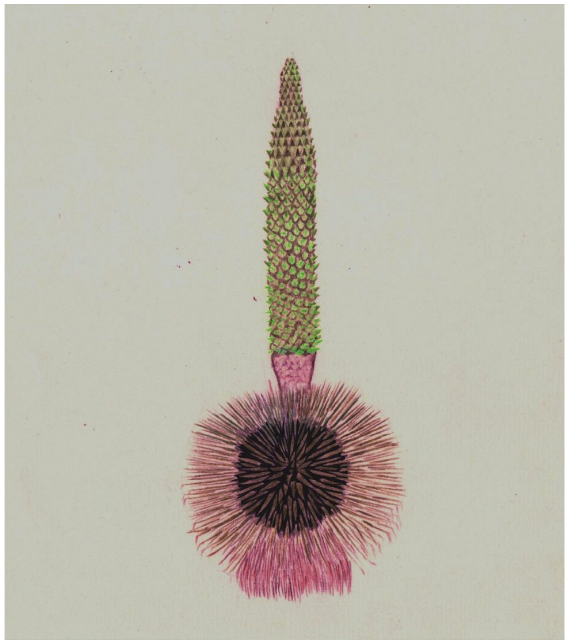
花柱草展现了动植物互动关系中植物所能呈现的最主动的一面。在这一关系中，植物为了最有效地完成传粉和补充营养的功能，一改以往被动的形象，主动出击，倒是衬托得动物的形象娇柔可怜起来。

第五章　杀鸟者——安第斯皇后和无刺藤

大自然还真是无奇不有，研究者们还真发现了两种可以杀死鸟类的植物——安第斯皇后和无刺藤。

跟捕杀昆虫相比，人们一般不会相信植物有捕杀鸟类的能力。一个安坐在地上动弹不得，一个动作敏捷，高高地飞在天空中，植物要捕杀鸟类，简直是癞蛤蟆想吃天鹅肉。但大自然还真是无奇不有，研究者们还真发现了两种可以杀死鸟类的植物——安第斯皇后和无刺藤。

安第斯皇后又名莴氏普亚凤梨（Puya raimondii），是凤梨科皇后凤梨属植物。安第斯皇后是最大的凤梨科植物，原产于秘鲁和玻利维亚安第斯山脉海拔3000 ~ 4800米处。安第斯皇后可以长至3米高，其花茎甚至可以高达9 ~ 10米，其上可以开出8000多朵花，产生600万枚种子。安第斯皇后需要长约40年才开花，和其他大部分凤梨科植物一样，安第斯皇后开花之后就会很快死去。未成熟的植株的叶片呈坚挺的剑状，可以长至1.3米长，在茎上呈致密莲座状排列。在成熟的植株上，枯萎死去的叶子厚厚地覆盖住树干下方，像裙子一样。安第斯皇后的叶片呈三角状槽形，叶宽约6.5厘米。两侧边缘都长有硬而锋利、向内或向后卷曲的棘刺，呈红色到暗棕色。棘刺长约10毫米，在叶缘上密集排列直到叶基部，相互之间相距最近不到1.5厘米。



安第斯皇后，最大的凤梨科植物，生长于秘鲁和玻利维亚安第斯山脉海拔3000~4800米处，可以长至3米高，其花茎甚至可以高达9~10米。（小铖绘）

研究者们在安第斯皇后的叶片和附近的地面上发现了大量的鸟类排泄物，使得人们开始注意到它跟鸟类的密切关系。但出人意料的是，在对植株进行仔细观察的时候，研究者们发现了一些小型鸟的尸体，挂在靠近叶腋处的叶片密生棘刺上。

安第斯皇后靠鸟类传粉。黑翅地鸠（Metriopelia melanoptera）和一些小型雀形目鸟类，也将巢筑在它的叶座上，并用叶片上异常锋利的棘刺作为支撑。鸟类于其中栖息停留，鸣唱求偶。筑巢的鸟的粪便可以为安第斯皇后的生长提供营养，但安第斯皇后锋利的棘刺也可以伤害和杀死粗心大意的鸟，尤其是柔弱的幼鸟。研究者仅仅在17株安第斯皇后上就发现了44只死鸟，且以黑翅地鸠居多。当研究者想要取下挂在棘刺上的死鸟的时候，手臂上的衣服也经常会被植物的倒刺挂住。唯一能安全挣脱而不被划伤的方法是将手臂向植株内侧伸展。但越靠近植株中心，棘刺就越密集，想要挣脱的难度就越大。同理，被棘刺挂住的鸟类，往往会向植株深处挣扎，但越挣扎越不容易挣脱，最终耗尽力气而死亡。安第斯皇后的叶片呈槽状卷曲，可以将掉落在叶片上的水分向植

株中心运输，在其干旱的生长环境中，这一保存集聚珍贵的水分的功能显得尤为重要。研究者们猜想，水槽状的叶片也可以将鸟类粪便和死鸟这一类的腐殖质向内部运输并为自己提供营养。



黑翅地鸠，一种分布在南美洲的鸠鸽科鸟类，经常选择在安第斯皇后上筑巢。（图自Gary L. Clark）

无刺藤（Pisonia grandis）则是另一种人们观察发现到有杀鸟行为的植物。无刺藤是紫茉莉科腺果藤属植物，分布于印度洋和太平洋的珊瑚环礁上。在这些海岛上，无刺藤往往成为优势树种，很多海鸟，如白燕鸥（Gygis alba）、小黑燕鸥（Anous tenuirostris）、红脚鲣鸟（Sula sula）都在无刺藤上筑巢和繁殖。跟大部分其他植物不同，无刺藤偏好由大量鸟类排泄物构成的酸性鸟粪土。无刺藤树林和大量鸟类种群共同构成了典型的杰莫土（Jemo soil），这种土壤以覆盖于磷酸盐和珊瑚礁上的酸性糊状物质为特征。



无刺藤的花，无刺藤分布于印度洋和太平洋的珊瑚环礁上。（图自Forest &Kim

Starr）



被无刺藤具有高黏度的种子缠住而丧失飞行能力的鸟。（小铖绘）

无刺藤为鸟类提供了栖息地，同时无刺藤的种子传播也依赖鸟类进行。无刺藤能产生具有一枚种子的掺花果（除了果皮，还有其他花的部分，如花被参与果实构成）。无刺藤的种子被延长宿存的花萼包裹，长约10毫米，直径2~3毫米，可以产生非常黏的树液，使其牢牢地粘在鸟的羽毛上。果实一般长在大型花序上，每一个花序可以产生12~200颗种子。种子成熟时就会掉到地面上。但鸟类也往往会被这种非常具有黏性的种子粘住。

人们观察到无刺藤上经常会有粘满无刺藤种子的鸟类尸体，便猜想无刺藤可能利用自己的种子粘住鸟类，使其动弹不得，最终死于非命。无刺藤果实的成熟季节可以造成数百只鸟类的死亡。而无刺藤的种子则在鸟类尸体腐烂后从中获得营养进行萌发。

但毒杀鸟类的行为跟让鸟传播自己的种子的目的似乎是矛盾的，所以研究者就做了一系列关于无刺藤杀死鸟类的目的研究。他们比较了鸟类尸体和普通地面上无刺藤种子的萌芽情况，两种情况下幼苗的存活率，以及无刺藤种子在海水中的生存情况。结果发现，无刺藤的种子每天只能忍受被浸泡在海水中约30分钟，超过这个时间，种子的萌发率就会大大降低。此外，黏附于鸟类尸体上的无刺藤种子并不太可能到达无

刺藤生长最理想的土壤环境。这些迹象表明，无刺藤不太可能借助死鸟在海水中的漂流进行传播。

此外，研究者还对比了黏附在鸟类尸体上的种子和地面上的普通种子的发芽率，发现前者并不比后者高。腐烂的鸟类尸体所吸引来的腐食性蟹类对无刺藤幼苗和种子的破坏，会大于无刺藤从腐殖质中吸收营养所得到的好处。腐食性蟹类会将无刺藤的种子和幼苗埋于地下，影响到无刺藤的生长。无刺藤的营养也并不需要通过杀鸟来获得，大量鸟类的粪便和失足跌死的幼鸟，已经足以为无刺藤生长提供充足的营养了。无刺藤种子的这一恐怖病态的杀鸟行为，可能只是为了让自己的种子能够有效传播的策略的副作用。无刺藤高黏度的种子能够牢牢地粘在鸟身上，降低脱落的风险。但鸟被过多的种子黏附，其行动就会大大受到影响，甚至会因为无法飞行而死亡。

和安第斯皇后从杀鸟行为中为自己补充营养不同，无刺藤的杀鸟行为只是鸟类运输传播其种子的过程中所产生的意想不到的副作用，其行为本身并不能为无刺藤带来好处，反而会影响到它们种子的萌发。所谓“不能抓得太紧把鸟捏死了”，正是无刺藤带给我们的“教训”。

这两个例子表明，植物谋杀行为的动机和目的可能是各不相同的，也并不总能为植物带来好处。我们需要通过生态学研究进行仔细的考察。各种科学假设不是想当然就能成立的，而是需要各种严密的实验去验证的。

第六章　放下屠刀，立地成佛——盾籽穗叶藤的临时肉食行为

> 或许我们身边的某些植物，就在它们的某一个生长阶段，会悄悄向动物下手，给自己捞点零嘴来。

盾籽穗叶藤（Triphyophyllum peltatum）是石竹目双钩叶科植物，生长于热带非洲西部塞拉利昂和利比里亚等地的湿热低地雨林中。双钩叶科包括三个单种属（每个属只有一个种）——双钩叶属（Dioncophyllum）、穗叶藤属（Triphyophyllum）和盾籽藤属（Habropetalum）。它们都是大型木质藤本，以带钩状结构的叶片著称。它们的叶片前端有两个向后反折的钩状物，使得它们能够攀附到附近的树木上，向上攀爬来到森林的树冠层，从而接收到更多的阳光。

但奇怪的是，双钩叶科这三种植物中，肉食性只出现在盾籽穗叶藤中，其他两属皆无此现象。而且盾籽穗叶藤乍一看跟普通植物没有什么区别，其根系发达，植株也颇为高大，跟人们印象中的肉食植物的形象相去甚远。好像它某一天忽然胃口大开了，想抓点虫子来当零嘴了，就自顾自演化出了这么一套肉食机关。盾籽穗叶藤这一看似孤立的肉食行为，也引起了生物学家的极大兴趣。



盾籽穗叶藤（Triphyophyllum peltatum）在营攀缘生活之前会直立生长一段时间并长出捕虫叶，图示即类似于茅膏菜的粘虫捕虫叶。（小铖绘）

其实如果看盾籽穗叶藤在系统分类上的关系，将它跟其他肉食植物攀上亲戚并不困难。双钩叶科含有白花丹素类萘醌衍生物，而同产于亚洲和非洲热带的钩枝藤科（Ancistrocladaceae）也含有此类化合物，显示了它们的亲缘关系。从形态学和分子系统学揭示的亲缘关系来看，它们再远一点的亲戚就是分布于西班牙、葡萄牙和摩洛哥的肉食植物粘虫草科，更远一点就是肉食植物大科猪笼草科和茅膏菜科了。所以在这一肉食植物大家族里，反而是钩枝藤科和双钩叶科另外两个不肉食的属成了异类。人们仔细研究了盾籽穗叶藤的“素食”亲戚，发现道氏盾籽藤（Habropetalum dawei）只在幼茎上有着跟盾籽穗叶藤相似的黏性腺体，而在托伦双钩叶（Dioncophyllum thollonii）上则并未发现类似腺体。所以生物学家推测，不是盾籽穗叶藤心血来潮忽然演化出了一套肉食系统，而是它同科的两个亲戚跟另外一个姐妹科钩枝藤科，在演化过程中丢失了肉食性，放下屠刀，转而变成了“素食主义者”，恢复了植物安分守己的本来面貌。

盾籽穗叶藤于1927年才被人首次描述，并被放置在双钩叶属中。1951年，英国植物学家艾瑞·肖恩（H.K. Airy Shaw）根据它不同寻常

的花和叶片结构，将其独立成属。盾籽穗叶藤的属名意指这种木质藤本的三种不同类型，具有不同功能的叶片。而种名则来自拉丁文，意指其呈盾状的种子。盾籽穗叶藤可以长到70米，但在其幼年时期则有莲座状基生叶，并有着发达的根系。盾籽穗叶藤的花长在排列疏松的圆锥花序上，小而呈白色，有微香。盾状的种子被膜质的边缘包裹，直径5~8厘米，靠风传播。

盾籽穗叶藤的肉食性直到1979年才为人所知，它采用的是类似于茅膏菜的粘虫陷阱。盾籽穗叶藤是攀缘植物，但在生长初期会在地面直立生长一段时间，这一时期植株可以长到高至1米，并产生两种跟攀缘期不同的叶片。幼苗首先会产生几乎没有腺体的倒披针形的叶片，长至30厘米，进行光合作用。但在雨季来临之后，它就会产生富含腺体的丝状叶，长至25厘米。这种叶片的生长跟粘虫草类似，会从内向外不断翻卷延伸而出，但其生长周期一般只有几周。这种捕虫叶的捕虫机制跟茅膏菜和粘虫草的捕虫叶极为相似，靠腺毛分泌的黏液来粘住猎物，并进行消化。捕虫叶会产生有柄和无柄的两种腺体。这其中具维管束的有柄腺体只在茅膏菜、粘虫草和西番莲科中存在，有植物学家称其为植物界中从解剖学来看最精巧的结构。昆虫被粘在腺体上就会动弹不得，但捕虫叶本身并不会像茅膏菜一样卷曲。叶片顶端新长出的部分呈深红色，腺体分泌的液体并不会粘住昆虫。下方更成熟的部分会变成浅粉色，只能粘住少数昆虫。只有中部最成熟的部分才会粘住大量昆虫，而最下方的部分则变得更干燥，也很少能粘住昆虫。

但在此阶段生长一段时间之后，盾籽穗叶藤就不再产生捕虫叶，开始长出顶端具钩的倒披针形叶进行攀缘生活。这种“放下屠刀，立地成佛”的临时肉食行为在肉食植物里面非常罕见。研究者认为，盾籽穗叶藤之所以这样做，是因为它们需要在转变到攀缘状态前充分积累能量，而肉食行为则是作为对这一过程中对土壤营养供给不足的补给。有研究发现，盾籽穗叶藤的叶片中富含钾，但钾在周围的土壤中是缺乏的，所以很可能来自肉食行为。盾籽穗叶藤很可能在生长初期会在陆地上为自

己今后的长路漫漫，艰苦卓绝的“登山”之旅大量“采购”资源，肉食行为也是“采购”手段之一。一直等到办齐足够的资源以后，它才会一鼓作气开始自己的“登山”攀缘生活。

而它同科的道氏盾籽藤跟托伦双钩叶，以及另外一个姐妹科钩枝藤科，可能随着本身获得营养的能力加强，就不再需要肉食行为进行营养补给了，它们的肉食行为也就渐渐退化消失了。

除了盾籽穗叶藤，还有一种茅膏菜（Drosera caduca），也有类似的临时捕虫行为。这种茅膏菜原产于澳大利亚西部的白色沙土中，1996年才被人发现。它们的成熟叶片上并没有黏性的粘虫结构，只在其幼叶阶段会表现出肉食性。这也是仅有的我们已知的两种具有临时肉食习性的植物。

盾籽穗叶藤的临时肉食行为为我们搜寻新的肉食植物提供了一个新的方向。或许我们身边的某些植物，就在它们的某一个生长阶段，会悄悄向动物下手，给自己捞点零嘴来。

盾籽穗叶藤目前只能用种子繁殖，它需要具有半遮阳、持续高湿度的温室条件，并需要定期浇水。温度不能低于18摄氏度。土壤需要高渗水性，并富含腐殖质。所以盾籽穗叶藤是最难以栽培的肉食植物之一，目前仍是大部分肉食植物爱好者的“禁脔”，只有少数专业植物园有条件栽培。

盾籽穗叶藤体内含有的生物碱，也因为具有各种各样优良的生化功能，特别是抗植物真菌感染和对食草害虫的生长抑制作用，受到了生物化学家的重视。另外一些生物碱还被发现对某些广泛传播的热带疾病如血吸虫病和疟疾有疗效，引起了药学家的重视。其中一种生物碱（dioncophylline A）被发现对螺类有很强的杀灭作用，以20ppm的浓度在24小时内就能杀灭所有的螺类，以后有望在农业中应用，进行有害螺类的防治。另有一些生物碱（dioncophylline C, dioncopeltine A）则被发现对热带疟原虫有着良好的抑制作用，在实验中，给感染疟

疾的小鼠连续喂食dioncophylline C，第四天后其血液内的疟原虫含量就降到了零，并且没有任何副作用。而更鼓舞人心的是，这种生物碱不仅对处于红血球内期的疟原虫有效，对处于红血球外期的肝细胞中更难被杀灭的疟原虫也有效，将来有可能据此研发出具有奇效的抗疟疾新药。

这些研究告诉我们，肉食植物不仅仅能满足我们对光怪陆离的生命现象的好奇心，它们也能利用体内的一些化合物来真正造福我们。大自然是珍贵的天然药物宝矿，或许一些能改变人类医学进程，帮助我们战胜某些顽固疾病的关键药物，就蕴藏在这些奇特的肉食植物体内。

第七章　肉食植物还是腐食植物？——猪笼草中的异类

另外一些猪笼草，则越走越远，慢慢偏离了其捕食小动物的初衷，开始向腐食的道路前进。

猪笼草大概是大家最为熟知的肉食植物了。猪笼草是石竹目（Caryophyllales）猪笼草科（Nepenthaceae）猪笼草属（Nepenthes）植物，主产于亚洲的热带雨林地区，全世界约有120种，以其呈圆筒形，下半部膨大的捕虫笼著称。猪笼草在我国的海南有分布，因为捕虫笼长得像酒壶，又被称为雷公壶。

猪笼草的捕虫笼由三个部分组成：负责吸引昆虫的笼盖和笼口的唇状结构；具引导性的蜡质区域；笼底部有消化腺体分泌消化酶的吸收区域。笼盖和笼口往往有鲜艳的颜色或者蜜腺，来吸引昆虫到来。笼口下侧的引导区被蜡质层覆盖，非常光滑，昆虫到此部位时往往无从落脚，从而跌入笼中。消化区的消化液含有多种消化酶，负责消化跌入笼中的昆虫的营养物质。但消化液同时也通过其香甜的味道吸引昆虫来访。

人们一度认为，猪笼草属的肉食植物对其捕食的昆虫并没有选择性，来者不拒。但近年来植物学家通过对猪笼草属植物形态多样的捕虫笼的仔细研究发现，很多形态奇特的捕虫笼，恰恰是不同猪笼草获得氮素的不同策略的演化体现。如产于印度尼西亚婆罗洲（即加里曼丹岛）、西马来西亚和苏门答腊的白环猪笼草（Nepenthes albomarginata），其笼开口处唇下有一层密集的白色绒毛，可以吸引附近的白蚁来啃食。在这一过程中，很多白蚁就会不慎掉入捕虫笼中。研究者们发现，白环猪笼草至少50%的氮素营养都来自白蚁，说明了这

种猪笼草对其捕食对象出现了专一化的演化。

而另外一些猪笼草，则越走越远，慢慢偏离了其捕食小动物的初衷，开始向腐食的道路前进。

苹果猪笼草广泛分布于东南亚地区，其种加词“ampullaria”来自拉丁文“ampulla”，意为烧瓶，描述了其捕虫笼的形状。苹果猪笼草的捕虫笼都很小，大约10厘米高，7厘米宽，捕虫笼的颜色为浅绿色或深红色。苹果猪笼草最不同寻常的特点是其笼盖向外翻折，不具有遮挡雨水的作用。使得整个捕虫笼开口完全敞开，这一特点有助于其上方树木叶子的落入。苹果猪笼草是少数几种捕虫笼中缺乏新月形细胞的物种，这种变态细胞可以让昆虫更容易滑入笼中。而苹果猪笼草唇上的蜡质区也非常贫乏，这些特征也显示了其肉食性的退化。



苹果猪笼草是一种从肉食向腐食演化的肉食植物。（图自橙子夏2013）

怎样验证苹果猪笼草的主要氮素来源是落叶而不是昆虫呢？研究者设计了这样的实验。研究者分别检测了生长于雨林树冠下的苹果猪笼草和开阔地带的苹果猪笼草中的氮15同位素含量。氮15是自然存在的非放射性（稳定）同位素，在动物体内的丰度大大高于在植物体内的丰度。所以如果苹果猪笼草的主要氮素来源是植物落叶，其体内氮15的丰度就会低于氮素来源于捕食动物的猪笼草的丰度。生长于雨林树冠下的苹果猪笼草，能够获得更多的落叶，所以其体内氮15的丰度，应该低于开阔地带苹果猪笼草体内氮15的丰度。而实验的结果，也验证了这一猜测。苹果猪笼草的氮素营养，的确大部分是来自落叶。

另外三种猪笼草：劳氏猪笼草（N.　　　lowii）、马来王猪笼草（N.rajah）、大叶猪笼草（N.　　　macrophylla），则通过山地树鼩（Tupaia montana）的排泄物吸收氮素营养。这三种猪笼草都产于东南亚。马来王猪笼草的捕虫笼可高达41厘米，宽20厘米，容积可达2.5升，是所有猪笼草中捕虫笼容积最大的物种。马来王猪笼草甚至可以捕获脊椎动物以及小型哺乳动物，人们曾在其捕虫笼中发现过老鼠。而劳氏猪笼草则以其中部剧烈收缩如葫芦一样的捕虫笼著称。

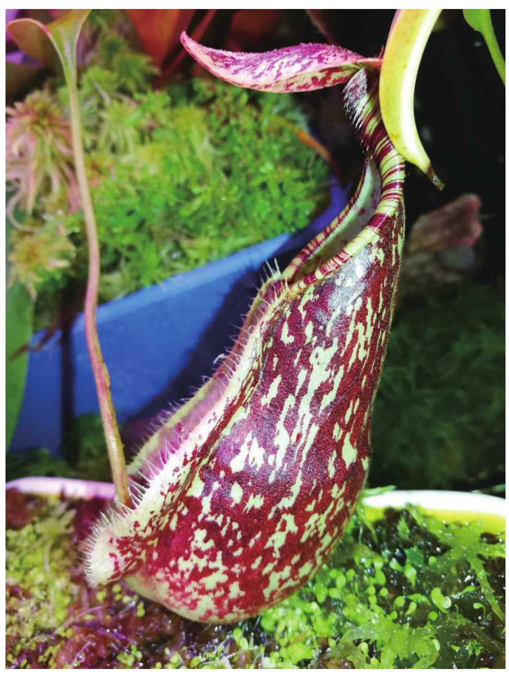


马来王猪笼草，世界上最大的猪笼草之一。笼盖上的蜜腺会吸引一些小型哺乳类动物造访，其舔舐蜜腺时排出的排泄物会掉入捕虫笼中，为猪笼草的生长提供营养。（图自Ch’ien Lee）

这三种猪笼草都有着凹陷的大型开口和笼盖。其捕虫笼较长，尺寸正好跟山地树鼩的体形相当。山地树鼩被猪笼草笼盖内表面腺体所分泌的蜜汁吸引，前来舔舐。猪笼草笼盖下表面的反射光线，也是山地树鼩最敏感的蓝绿波段，有益于山地树鼩发现。而笼盖蜜腺到笼口前端的距离，正好相当于山地树鼩的头身长度。山地树鼩一边舔舐腺体，一边就

将捕虫笼当成了“马桶”，排泄在其中。这些排泄物就充当了猪笼草的肥料，促进其生长。

而另一种大型猪笼草莱佛士猪笼草的变型（N. rafflesiana var. elongata），则被报道跟哈氏彩蝠（Kerivoula hardwickii）有互利共生关系。莱佛士猪笼草有着可以跟马来王猪笼草相媲美的大型捕虫笼，也有捕食老鼠的记录。莱佛士猪笼草分布广泛，捕虫笼的形状颜色差异很大，有着猪笼草属中最多的变型。莱佛士猪笼草长笼变型有着4倍于其他变型长度的捕虫笼，其香味很淡，捕虫笼中的消化液也很少。这些特征都显示出其肉食性的减退。研究者们仔细检查了其野生种群的捕虫笼，结果发现很多哈氏彩蝠将捕虫笼当成了栖息场所。而哈氏彩蝠的排泄物，则为猪笼草的生长提供了氮素。研究者们发现，该种猪笼草约33.8%的氮素都来自哈氏彩蝠的排泄物。



莱佛士猪笼草，一类巨大的猪笼草。其长笼变型有着更为狭长的捕虫笼，可以容纳哈氏彩蝠在其中栖居，并通过排泄物为猪笼草的生长提供营养。（图自橙子夏2013）

我们本来以为，我们对肉食植物的食性，特别是猪笼草这种众所周

知的类群已经了如指掌。但上面所展示的几种猪笼草里的“异类”，充分显示了生命现象的出人意料和多姿多彩。一些肉食植物，在漫长的演化过程中，开始逐渐远离祖先们好不容易演化出的肉食习性。它们在已演化的捕食器官上充分发挥创造力，将这些器官挪为他用，演化出了新的结构和功能。这些造型奇特的生物，往往能颠覆我们以前的认知，给我们带来意外的惊喜。也使得我们一次又一次地感叹大自然造化的神奇和生物演化对环境的强大适应性。

第八章　进军水域——貉藻和狸藻

当其他肉食植物在陆地上大开杀戒的时候，貉藻和狸藻却悄然退回到祖先曾不惜一切代价离开的水中，开辟出了新的战场。

人们熟知的肉食植物都生长在陆地上，它们利用各种陷阱来捕食“误入歧途”的昆虫。但大家可不要以为水中就是绝对安全的哦！虽然高等植物中并没有太多水生种类，从陆地回到它们的祖先费尽千辛万苦，好不容易脱离的水体环境。但就是在这样局限的水生类群中，也演化出了充满杀气的肉食植物。肉食植物成功向水体进军，开辟了新的战场。

貉藻（Aldrovanda vesiculosa）是石竹目茅膏菜科（Droseraceae）貉藻属（Aldrovanda）唯一的一种植物，跟茅膏菜和捕蝇草是近亲。跟它的两位陆生亲戚不同，貉藻的狩猎场在水体之中。貉藻原产于欧洲、亚洲、非洲和大洋洲，但它在17世纪末才被人从印度带到英国，为人所知。1747年，加埃塔诺·蒙蒂（Gaetano Lorenzo Monti）在意大利博洛尼亚附近的湖中也发现了这种植物，他决定用建立博洛尼亚植物园的意大利博物学家尤里希·阿尔德罗万迪（Ulisse Aldrovandi）的姓氏作为貉藻属的名字。貉藻属本来被叫作“Aldrovandia”，但后来因为笔误变成了“Aldrovanda”，并一直沿用到现在。



貉藻，叶片轮生于茎干上，漂浮生长，有着跟捕蝇草类似的捕虫夹式变态叶。（图自Denis Barthel）

貉藻一般生活在静止或缓慢流动的水体中，自由漂浮，一般不会超过40厘米长。貉藻通体浅绿色，但一些澳大利亚的貉藻在阳光的直射下可以变成吸引人的红色。貉藻没有根系，茎中有大量充满空气的胞间空间，使其可以在水面上漂浮。生长期时，貉藻的前端不断生长的同时，末端也在不断凋萎。在严寒的冬季，貉藻会沉到湖底进行休眠，直到来年春天再恢复生长。

貉藻的叶片呈轮状排列，每一轮有5 ~ 9枚叶片，在基部联合。叶片跟它的近亲捕蝇草很相似，但要小得多，不到1厘米。每枚叶片有一根呈楔状的宽叶柄，在基部收窄。叶柄贯穿叶片，并在边缘处向外延伸形成4~ 6根刚毛。叶片大致呈圆形，在中脉处折叠，形成两个半圆。貉藻利用这种捕虫夹陷阱抓捕猎物。捕虫夹由两部分组成：叶片的边缘部分只由两层细胞组成，非常薄；而捕虫夹的中间部分则由两层薄表皮和其间的一层大型细胞组织构成。叶缘部分有表皮毛，在其内侧也分布有四叉毛。中间部分则有消化腺体和大约20根触发纤毛。

当夹子打开时，两半叶片呈稍大于90度的夹角。如果有猎物触碰到触发纤毛时，捕虫夹就会关闭，叶缘部分紧闭到一起。幼叶仅需触发一根纤毛就能马上关闭，老叶则可能需要多次触发。关闭动作主要发生在叶片中部。叶片的内侧表皮细胞将钾离子运出细胞，导致细胞内部压力

改变，从而导致整个叶片的关闭。叶片在完全关闭后，消化腺会分泌消化酶来分解猎物，从中吸收营养。

另一种水生肉食植物狸藻，则属于唇形目狸藻科（Lentibulariaceae）狸藻属（Utricularia），跟捕虫堇和螺旋狸藻是近亲。和孤家寡人的貉藻不同，狸藻人丁兴旺，有200多种植物，也是所有肉食植物里种类最多的类群。

狸藻属于1753年被林奈首次描述，学名Utricularia来自拉丁文Utriculus，意为小水袋，指狸藻跟皮水袋或酒袋形状类似的捕虫袋。狸藻不仅是种类最多的肉食植物，也是分布最广的肉食植物，以热带和亚热带的潮湿地带为分布中心，向北分布至格陵兰岛北极圈以内，向南分布到南非的好望角，最高分布到喜马拉雅山海拔4200米的高度。而南美洲有着世界上最多的狸藻种类，光是巴西就拥有59种狸藻，很多只有一两个居群，分布在极少的几个山头上。

人们印象中的狸藻都是生长在水体中的，但实际上狸藻也有陆生、岩表和附生种类，而且大部分狸藻都是陆生的。但潮湿的环境是所有狸藻生长都必需的。陆生狸藻一般生活在非常贫瘠，仅有少数植被覆盖的石英岩土壤中。它们在雨季湿润的时候生长，到了彻底干涸的旱季，就形成种子。岩表狸藻则跟一些苔藓和藻类一起生长在不断被水体冲刷的岩石表面。附生狸藻生活在其他植物上，利用它们作为支撑。大部分附生狸藻生活在热带树木树枝上的附生苔藓垫上。苔藓垫可以给它们提供湿润的环境。洪堡狸藻（U.　humboldtii）甚至能生活在另一种肉食植物布洛凤梨（Brocchinia　reducta）的叶片储水池中。附生狸藻可以形成块茎，达尔文认为这些块茎的作用是储存水分而非储存养分，并借此度过干旱缺水的时期。水生狸藻跟貉藻一样，在寒冷的冬季来临时，可以形成休眠结构沉入水底，到来年春季再继续生长。

狸藻是小型无根的草本植物，一般不超过30厘米高。最大型的狸藻是上面提到的洪堡狸藻，其花茎可以长至1.3米高。除了捕虫结构以

外，狸藻往往还会长出正常的小型营养叶，但叶片的形状在不同种类间差别很大，有的是分叉状鳞片状，有的具叶柄并延长，有的是羽状，有的是盾状。生长在流动水体中的硬狸藻（U. rigida）甚至能长出长达1米的漂浮叶。很多水生狸藻在花序基部都有加厚充气的叶片，可以像游泳圈一样使它们能够在水面上漂浮生长。狸藻的花颜色多样，有白色、黄色、红色或是紫色。一些狸藻会为来访的昆虫提供蜜汁，花一般还会有香味；一些狸藻在环境不适宜的时候还会发育出闭花受精的花。



小蓝兔狸藻［Utricularia sandersonii（blue）］的花。原产于南非。由于其花朵有着如同兔子一般的有趣造型，备受肉食植物种植者的喜爱。（图自橙子夏2013）

不同种类狸藻的捕虫囊倒是都有着相似的结构。狸藻也拥有所有肉食植物中最复杂的捕食结构。由于体积很小，捕虫囊的功能在很长一段时间里都没有得到仔细研究。人们一度认为捕虫囊中充满了空气，起漂浮作用，但达尔文认为这是一种捕食和消化结构。直到20世纪中期，人们才对捕虫囊的捕食机制进行了详细的研究。



黄花狸藻（Utricularia aurea）的捕虫囊，在正常情况下处于负压，一旦有昆虫触碰门口的刚毛，门就会打开释放负压，将昆虫连同水一起吸入捕虫囊中。（图自Michal Rube）š

捕虫囊由叶柄、囊壁、触须、具刚毛的门、入口和腺毛组成。所有的捕虫囊都长在延长的叶柄上，捕虫囊开口跟叶柄的相对位置可以作为区分不同种的特征。囊壁一般由两层细胞组成，内层细胞比外层要小。捕虫囊在正常情况下处于负压，捕虫囊前端的触须可以吸引昆虫向门的方向游动。一旦有昆虫触碰门口的刚毛，门就会打开释放负压，将昆虫连同水一起吸入捕虫囊中。捕虫囊内有不同种类的腺体。四分叉的纤毛可以分泌消化酶消化猎物，并吸收其中的营养物质。在开口附近，两分叉的腺体则为囊内建立负压提供帮助。它们从囊内吸收水分，并运输到囊外。

当其他肉食植物在陆地上大开杀戒的时候，貉藻和狸藻却悄然退回到祖先曾不惜一切代价离开的水中，开辟出了新的战场。大自然为生物的演化提供了一个广阔的试验田，各种生物在其中探索着不同的道路，为了自己的繁衍另辟蹊径，闯出自己的一片天空。

第九章　植物猎人——发现新的肉食植物

> 让人们感到惊讶的是，这些新发现的肉食植物的猎物和捕食机制是如此隐秘，使得它们一眼看上去根本不会让人联想到布满昆虫残骸的肉食植物。

异养植物是显眼的。看到毫无绿色和叶片结构的植物，忽然从地面上冒出一丛惊艳的花来，那它多半是寄生或者菌异养植物；看到粘满昆虫残骸或者有显眼捕虫囊的植物，它多半就是肉食植物。那么这个世界上的异养植物是不是都已经被人发现殆尽了呢？答案是否定的。肉食植物的种类虽然不多，但直至近5年内，仍然有新的肉食植物种类和肉食行为被研究者发现。让人们感到惊讶的是，这些新发现的肉食植物的猎物和捕食机制是如此隐秘，使得它们一眼看上去根本不会让人联想到布满昆虫残骸的肉食植物。这也为研究者打开了新的大门，开始充满兴致地进入雨林和荒漠中，或是在显微镜下仔细研究已发现植物的微小结构，希望能够发现新的肉食植物或是揭示出已发现植物的肉食行为，搞一个大新闻。

螺旋狸藻（Genlisea）属于狸藻科的三个属之一，约有20种分布在美洲、南部非洲和马达加斯加岛热带地区。螺旋狸藻生长于白色的石英沙地中，或是残丘的渗流区域。大部分物种陆生，出现在至少季节性湿润的土壤贫瘠区域。螺旋狸藻是多年生基生叶的草本植物，只有几厘米高。这种植物缺乏根系，地面上有狭长线状或竹片状的绿色叶片，地面下则有龙虾笼状的无色变态叶，末端扭曲呈螺旋状。



螺旋狸藻（Genlisea subglabra）的地上叶，跟普通植物并无两样，不像它的亲戚捕虫堇那样粘满昆虫，也不像狸藻那样演化出了吸入陷阱，因此人们很长时间找不到其肉食行为的任何证据。（图自Rosta Kracik）

狸藻科的另外两个属——捕虫堇属（Pinguicula）和狸藻属（Utricularia），都是大名鼎鼎的肉食植物。达尔文就曾猜测，作为它们的亲戚，螺旋狸藻也应该具有肉食性，但在之后一个多世纪的时间中，人们却一直没有办法证明它的肉食性。螺旋狸藻看上去清清爽爽的，叶片不具有黏性，也从未在它身上发现什么昆虫残骸，看上去一点也没有肉食植物的特征，让人对它是否具有肉食性产生了深深的怀疑。

人们后来才发现，螺旋狸藻的捕虫装置并非其他肉食植物所采用的显眼的地上变态的叶片，它生长在地下的变态叶才是内有乾坤的。螺旋狸藻的白色地下根状叶柔韧而细长，在其中部有膨大的囊状结构，叶的顶端呈V字形分叉，分叉两端螺旋状延伸出去，互相呈90~130度夹角。这样不同寻常的结构，显示出它一定也有着不同寻常的功能。人们猜想这应该是它的捕虫装置，但人们从未从其中分离出任何昆虫残骸，对其捕虫装置的原理也一头雾水，直到20世纪70年代，研究者还觉得螺旋狸藻的根状叶模拟了动物的肠道系统，通过不断抽吸土壤中的水分，滤食其中的原生生物，根状叶中部的囊泡则充当了排泄处的功能，积累消化完毕的食物残渣。



螺旋狸藻（Genlisea）的捕虫装置示意图。左上示其跟狸藻相似的花朵。左下可见其地下根状叶的V形分叉的前端有很多微型开口，可以供土壤微生物进入。右下可见其根状叶空腔内的倒毛，迫使微生物只能向根状叶内部移动，而不能后退，最终在右上所示的根状叶中部膨大部分被消化。（小铖绘）

直到1998年，一份发表在《自然》杂志上基于对螺旋狸藻根状叶的电镜超微结构的解剖，才终于揭示出了它的捕虫原理。原来螺旋狸藻V字螺旋状的分叉表面布满了小孔，原生动物和土壤无脊椎动物从这些小孔进入根状叶内部。内部的空腔布满了倒毛，使得进入其中的动物只能沿根向上移动，一条路走到黑，而无法走回头路。动物被迫移动到中部的囊泡处，然后被其中腺体分泌的消化酶消化。

这是人们首次发现捕食原生生物的植物。其捕食对象体积之微小，其捕食结构之精巧隐秘，都让人们意识到，很多植物可能都悄无声息地在我们肉眼可观察到的范围之外进行着肉食行为，这是我们以前所忽视的。

而在2012年，一种崭新的肉食植物的发现再次引起了植物学界的轰动。这次的主角是产于巴西的菲尔科西亚属（Philcoxia）。该属原属于玄参科，现在随玄参科很多属一起被重新放置到车前科，一共有四种植物，全部产于巴西中部。该属建立于2000年，植株长得非常清奇，高

度不超过30厘米，生长于白色沙砾中，叶片非常细小（直径0.5 ~ 1.5毫米），而且位于沙砾之中。植株的外观让人很难相信它可以独立完成营养供给，其生境贫瘠，在它生长的地方附近也能找到另一种肉食植物螺旋狸藻，更让人怀疑它可能具有肉食性。该种植物还有一些肉食植物的特点，如缺乏菌根和非常退化的根系系统、具腺体的地上叶和没有叶片具花梗的花序。但最有意思的结构还是它细小的位于沙砾之下的叶片。叶片上的腺体产生黏性物质，将沙砾紧紧地粘在叶片表面。



菲尔科西亚属的植株（Philcoxia minensis）和花的放大图（Philcoxia bahiensis）。该属植物只分布在巴西中部的沙砾地中。地上的花茎纤弱细长，在沙砾之下有具有黏性的微小叶片，可以捕捉和消化地下的线虫。（小铖绘）

2012年，通过对其地下叶片显微结构的观察和对线虫进行同位素标记，终于证实了它的肉食性。原来它是利用叶片粘住地下的线虫并进行消化获取能量的肉食植物。

至此肉食植物家族又添了新的一员。研究者们开始把目光转移到像螺旋狸藻和菲尔科西亚属之类的靠捕食微小生物而长期被人忽视的肉食行为上来。

我相信在未来，我们还能发现更多的肉食植物，目前我也在潜在的

植物类群中积极寻找可能的新肉食植物。在我研究的植物类群中，有一些出现了不同寻常的叶绿体基因丢失。这一基因丢失一般只出现在异养植物和水生植物里面，但这些类群都是很普通的植物，让人无法对它们丢失叶绿体基因做出合理的解释。但据观察，这些植物身上有着黏性的腺毛，这就不得不让我们怀疑它们是肉食植物的可能性了。但怀疑只是第一步，接下来我还需要做更进一步的野外采样和观察，以及实验室检测，才能确定它们到底是否为肉食植物。

想要成为一名新肉食植物猎人，我们最需要的还是敏锐仔细的观察力。首先要观察植物是否生长在营养非常贫瘠的地区，如沙地、沼泽和密林下层。一种肉食植物往往也会跟其他肉食植物结伴而生，这也为肉食植物猎人提供了重要的指示。然后要观察植物的结构特征，是否具有明显的捕虫装置，是否具有分泌黏液的腺毛，是否在植株上有着大量的昆虫残骸。但如同上面提到的两种植物，即便是没有明显的昆虫残骸，植物仍然可能是靠捕食原生生物和线虫等微小生物为生的。所以接下来，我们就要把植株带入实验室中，进行仔细的形态解剖和纤维观察，以期找到其捕食微小生物的证据。

如果我们在上述检查中找到了该植物肉食性的积极证据，它仍然可能只是捕杀动物但依靠微生物消化的原肉食植物。为了证明其具有真正的肉食性，我们还需要依靠食物化学的检测手段检测其是否分泌消化酶。而为了证明其确实从肉食行为中获得了大量的营养，我们还需要对它的猎物进行同位素标记，跟踪同位素从猎物到植株的转移。

各位雄心勃勃的肉食植物猎人，新的肉食植物也许就在你们的后院哦！

第十章　肉食植物新成员——腺菖蒲

看到荧光显微镜下腺体发出的绿色荧光，我不禁激动万分，仿佛看到了一种新的肉食植物的诞生。

在前面一章中，我提到了几种新发现的肉食植物，也给出了如何成为一名肉食植物猎人，发现新肉食植物的一些建议。而我自己作为一名研究人员，也站在了发现新肉食植物阵线的最前沿。在这里，我就给大家介绍一下我目前的课题，让大家也亲历一次科研的最前线。这一课题还在进行中，只有很少的人知道详情，可以说是来自最前方，最热气腾腾的新资讯。

腺菖蒲（Triantha）是泽泻目（Alismatales）岩菖蒲科（Tofieldiaceae）植物。岩菖蒲科是单子叶植物中的一个小科，目前只有四属28种植物。而我们已知的绝大多数肉食植物都属于双子叶植物，在单子叶植物中仅有四个物种被报道是肉食植物，且都在演化程度非常高的禾本目。其中三种在凤梨科，两种布洛凤梨属植物（Brocchinia），一种嘉宝凤梨属植物（Catopsis berteroniana）。另外一种是谷精草科的食虫谷精草（Paepalanthus bromelioides）。且这四种植物都是肉食性非常原始的原肉食植物，自己不能分泌消化酶，靠叶基部膨大部分储水形成捕虫笼。靠近基部的叶内表面非常光滑，来访的昆虫失足掉入储水池后就会溺毙，然后靠水池中的微生物来分解昆虫尸体，植物从中吸收营养。

那么问题来了。我们为什么要在肉食植物如此稀少，且还从来没有发现过真肉食植物的单子叶植物中寻找新的肉食植物呢？这里的故事就更加曲折了。格里格是跟我同年入学拜在同一导师门下的另外一名研究

生。他的课题是整个泽泻目的基因组学系统演化。这是一个全球性合作的大课题，全球的研究者采集了整个泽泻目数百种植物，进行时下流行的全基因组测序，并用整个叶绿体基因组来构建系统树，希望能够解决泽泻目的系统演化问题。

泽泻目的一个重要特点是其下拥有很多水生植物，尤其是几种海产植物，这几种海草也是被子植物中唯一的海产沉水类群。以前的研究曾报道过，这些海草出现了叶绿体基因丢失的情况。而格里格研究的一个重要目的，就是进一步验证这些叶绿体基因在不同海草中的丢失情况，和这一丢失到底是怎样演化而来的。基因组系统学的结果，也跟预期相符。在大部分海草中都出现了叶绿体基因的丢失，但为何丢失仍然原因不明，可能跟海水环境中的氮素缺乏有关。

但出人意料的是，在岩菖蒲科的腺菖蒲属中，也出现了这样的叶绿体基因丢失。腺菖蒲又不是海草，为何会这样呢？彼时格里格硕士正好毕业了，课题暂时告一段落，也就没有人再继续追问了。

而当我看到这一出人意料的结果的时候，按捺不住好奇心，不禁仔细琢磨起来。目前报道的有叶绿体基因丢失的类群，包括海草、异养植物、旱生植物和肉食植物这几大类。腺菖蒲是生长于沼泽溪流边的绿色植物，显然不属于前三者，那么它是否可能是肉食植物呢？查阅《植物志》发现，腺菖蒲本来隶属于岩菖蒲属（Tofieldia），由于其花茎上密布黏性腺毛而从后者中分离出来。这样的腺体，正让我想到了类似于茅膏菜和捕虫树的粘虫陷阱。再查阅它的生境，沼泽是营养贫瘠的环境，也是典型的肉食植物生长的地方。腺菖蒲恰恰又跟捕虫堇和茅膏菜这些肉食植物伴生。这些条件都正好符合我在上一章所提到的寻找新肉食植物的线索。那么它真的就极有可能是肉食植物了。所以我就主动请缨，将这个课题揽了下来，决定深入研究一番，一探究竟。

腺菖蒲属一共四种植物，其中三种分布在北美。粘腺菖蒲（T.glutinosa）分布于北美洲北部，西部腺菖蒲（T.

occidentalis）分布于北美洲从加利福尼亚州到阿拉斯加西海岸，海岸腺菖蒲（T.racemosa）分布于美国得克萨斯到弗吉尼亚州的西南部海岸。该属另一种日本腺菖蒲（T. japonica）则间断分布在日本本州岛。



粘腺菖蒲的花茎，可以看到其花茎上有黏性的腺体。（图自Mason Brock）



西部腺莒蒲。a、b两图可以看到其黏性花茎上黏附住的昆虫。c图为其纤毛的超显微结构，d图可以看到磷酸酶底物在有磷酸酶存在的腺毛上被分解，而在荧光显微镜下发出绿色荧光。（图自林十之）

我曾专门去学校附近的山脉实地考察了这种植物。时值八月果期，它们茂密地生长在山上的沼泽中，叶于基部丛生，花茎则高高竖起，20~30厘米高。附近还有大片的茅膏菜和捕虫堇。它们的花茎摸上去黏性十足，能够看到上面的腺毛。仔细观察，能够看到上面粘着很多小型昆虫，种类多样，甲虫、石蝇、蜂类都有。

观察下来倒是很有肉食植物的样子，但要彻底验证，还需要做一系列更严谨的实验。前面提到，判断真肉食植物的一个标准是其能否自己分泌消化酶。为了验证这一点，我用到了有荧光标记的磷酸酶底物，一旦有磷酸酶分解了该底物，荧光信号就会被触发，我们就能在荧光显微镜下看到荧光。而我最后也拿到了想要的结果。看到荧光显微镜下腺体发出的绿色荧光，我不禁激动万分，仿佛看到了一种新的肉食植物的诞生。

要验证其肉食性的另一步，就是要证明它的确从其捕获的昆虫中获

得了营养，而这就需要用到同位素含量测定实验。氮素是肉食植物想要从动物体内获得的首要营养物质，所以同位素含量测定所关注的也是氮素。氮在自然界存在两种稳定同位素。含有7个中子的氮14是最常见的氮同位素，占所有自然氮素的99.6%。另一自然稳定同位素氮15含有8个中子，占所有自然氮素含量的0.4%。由于动物体内会富集氮15，所以动物的氮15含量会显著高于植物的氮15含量。而肉食植物的氮素大部分来源于动物，所以肉食植物的氮15含量也应该高于正常植物。所以，我们可以通过测量和比较同一环境下非肉食植物、肉食植物和所捕食昆虫体内的氮15含量，来验证其是否从昆虫中吸收了氮素，并定量其吸收了多少。而正好同一区域还生长有捕虫堇和茅膏菜，我们还可以通过测定这三种植物的氮15含量，比较它们吸收性的强弱，从而比较它们肉食性的强弱。我将会在未来开展这一实验，至于具体结果，让我们拭目以待吧。

我们是因为其叶绿体基因丢失而关注到腺菖蒲的肉食性的，我们自然也很关注整个腺菖蒲属的基因丢失情况。所以我又从全北美的标本馆和日本合作者那里要到了几百份标本，从标本上选取了近80个居群，一一检测它们可能丢失的叶绿体基因。结果发现，叶绿体基因仅在粘腺菖蒲和西部腺菖蒲中有丢失的情况。特别是在西部腺菖蒲中，出现了大面积的叶绿体基因丢失。而且更有意思的是，分布在最南端加利福尼亚州的西部腺菖蒲并没有叶绿体基因丢失，越向北走，叶绿体基因丢失的情况就越严重。为什么会丢失叶绿体基因？叶绿体基因的丢失跟肉食性有什么关联呢？我们还不得而知，需要进一步的实验来验证。我们发现，丢失的都是跟调节光合作用光反应强度相关的非必需基因，这些基因即便是从植物基因组敲出，在良好稳定的环境下，植物仍然能正常生长。所以一种猜测是，可能肉食植物长期生活在氮素缺乏的环境下，生存不易。为了节约制造蛋白质的氮素和能源，或许它们选择舍弃这些非必需的基因，将珍贵的营养物质集中在繁衍之上。

而另一个有意思的发现，则是日本腺菖蒲实际上是西部腺菖蒲的一

个类群，并跟加拿大西部夏洛特皇后群岛的居群关系很近。为什么会有相距如此遥远的分布呢？也许是第四季冰川来临前，西部腺菖蒲曾广泛分布于北半球。冰川来临后其他地区的腺菖蒲都被冻死了，日本和夏洛特皇后群岛气候温暖，成了天然的庇护所，使得这两个地区的西部腺菖蒲幸免于难，躲过了冰川期。

我们可以看到，发现腺菖蒲的肉食性实际上是从分子基因的层面出发回到形态和生态生物学的一个例子。当代生物学研究突飞猛进，越来越深入到分子层面，但这并不代表我们就跟宏观的形态和生态生物学脱节了。分子生物学研究中得到的一些不可思议的结果，可以促使我们去思考其背后的原因，并回到形态和生态的层面进行仔细检讨，发现一些以前容易被人忽视掉的东西。所以，不要觉得研究中得到奇怪的结果是一件坏事，这或许就是你做出重大发现的导火线呢！一定不要让它白白溜走了，以后追悔莫及。

第十一章　剃刀边缘——肉食植物的共栖者

这些生活在剃刀边缘的肉食植物共栖者，向我们展示了生命现象的复杂和多彩。

肉食植物对小动物来说往往都是致命的陷阱。但实际上，在与肉食植物的关系中，动物不总是充当食物的角色。譬如，肉食植物也需要昆虫为其传粉，并且需要尽量保证传粉者不会被自己一不小心吃掉。而另外一些动物，则在长期演化过程中，学会了如何与肉食植物一起生活并不让自己被吃掉。它们被称为肉食植物的共栖者。

早在1754年，凯茨比的《卡罗莱纳、佛罗里达州与巴哈马群岛博物志》中就提到，有些动物会将瓶子草的捕虫笼当作躲避其他捕食者的庇护所。雷利在1873年也观察到一种苍蝇和一种蛾子瓶子草的共栖关系，并将这种苍蝇称作“能勇敢面对瓶子草的危险的昆虫”。在这种共栖关系中，共栖者生活在宿主上，以宿主的过剩营养物质为生。但和寄生不同，共栖者并不会对宿主造成伤害。

猪笼草有着种类繁多的共栖者，猪笼草的捕虫笼为很多动物和微生物提供了栖息地。一些肉食性退化的种类，如苹果猪笼草和消化能力退化的老化猪笼草捕虫笼，都成了小动物和微生物理想的栖息地。人们在猪笼草捕虫笼的液体中发现了近150种共栖动物。它们有的以掉落捕虫笼中的其他动物为食，有的则直接捕食其他的共栖者。此外还有很多细菌、真菌和单细胞生物生活在捕虫笼中。共栖者中数量最多的是蚊子和蝇类的幼虫。它们生活在老化的捕虫笼中，其中的消化液已经只有微弱的酸性和消化作用，不足以对它们造成伤害。这些老化的捕虫笼也往往

成为蛙类、蝌蚪和小蟹的栖息地。一些昆虫在其生命周期中甚至必须依赖猪笼草才能生存，如得名于马来王猪笼草的王侯库蚊（Culex rajah）和王侯巨蚊（Toxorhynchites rajah）。

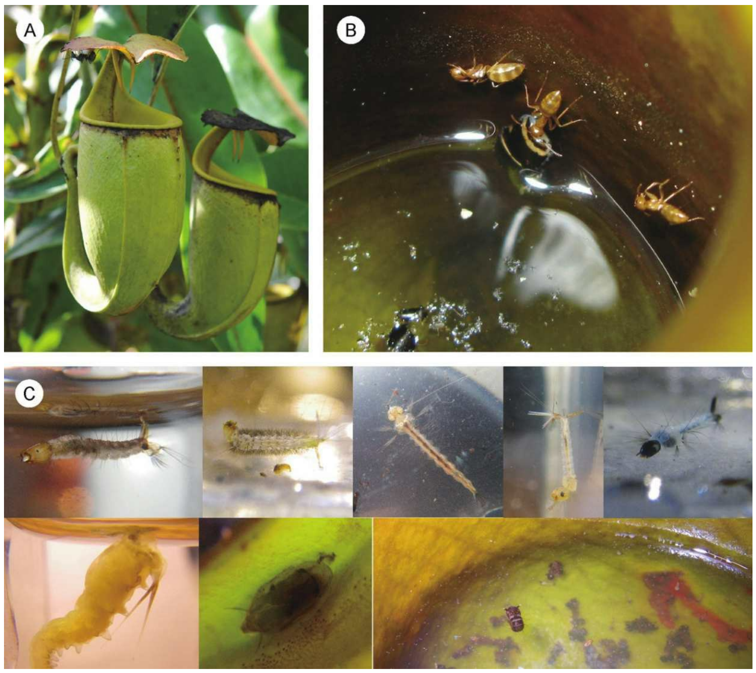


马来王猪笼草捕虫笼内液体中生长的蚊子幼虫

除了水生捕食者，蟹蛛是另外一种为人所熟知的肉食植物共栖者。猪笼草花蛛（Misumenops nepenthicola）生活在小猪笼草（Nepenthes gracilis）、裸瓶猪笼草（N. gymnamphora）、莱佛士猪笼草的捕虫笼边缘。这种蟹蛛可以直接抓捕来到捕虫笼附近的昆虫，或是捞取不慎掉入消化液中的昆虫。猪笼草花蛛可以用一根丝线固定自己降入捕虫笼内，甚至可以下潜入消化液中捞取溺于其中的昆虫。一种摇蚊（Metriocnemus edwardsi）幼虫甚至可以在眼镜蛇草的捕虫笼开口下方织网，捕获掉入其中的昆虫。

东南亚的二齿猪笼草（N. bicalcarata）、小猪笼草和莱佛士猪笼草也常常成为蚂蚁的栖息地。二齿猪笼草甚至还和小型的弓背蚁（Camponotus）演化出了一种特殊的共栖关系。这种猪笼草捕虫笼的叶柄处有空洞，可以容纳约二十只弓背蚁生活，并在其中产卵孵化。跟其他蚂蚁一样，弓背蚁会被捕虫笼笼盖边缘两个大型的蜜汁分泌体吸引。其他的蚂蚁往往都会失足掉入消化液中，弓背蚁则能安全地在捕虫笼上行走。为何这些猪笼草要吸引弓背蚁来共栖？我们还了解得并不清

楚。人们猜测这些蚂蚁可以帮助猪笼草清除捕虫笼中多余的猎物。一方面弓背蚁获得了食物，另一方面猪笼草也不会因为食物过剩引起的霉变而腐烂，而且猪笼草还可以从弓背蚁的排泄物中获得养料。另有研究者认为，弓背蚁实际上是起到了猪笼草保镖的作用，可以防止猪笼草受到蚜虫一类的害虫的侵害。



二齿猪笼草和弓背蚁的共栖关系。这些蚂蚁可以帮助猪笼草清除捕虫笼中多余的猎物，而且猪笼草还可以从弓背蚁的排泄物中获得养料。此外，二齿猪笼草的捕虫笼中还共栖着其他蚊子幼虫。（Scharmann et al.，2013）

和蟹蛛跟猪笼草的关系相仿，螳螂跟瓶子草之间也演化出了类似的共栖关系。某些螳螂可以模仿瓶子草捕虫笼边缘的颜色，在开口处守株待兔，捕获被吸引而来的昆虫。蚊子和蝇类的幼虫也会生活在瓶子草中。一些夜蛾和黄蜂会利用瓶子草的捕虫笼产卵，孵化出的幼虫则以掉入瓶中的昆虫为食。

利用粘虫陷阱的肉食植物则往往跟一些蝽类共栖。比如前面提到的捕虫树。捕虫树本身不分泌消化酶，粘住猎物以后，需要共栖于其上的两种刺蝽帮自己消化猎物，并从刺蝽的排泄物中获得营养。但刺蝽在帮

助捕虫树的同时，也吸食捕虫树本身的汁液。猎物不够的时候甚至还会对捕虫树的生长造成危害。这时候共栖于捕虫树上的另一种动物——花叶蛛就起作用了。它会捕食刺蝽，从而控制刺蝽的种群数量不至于过大而危害到捕虫树。这三者从而构成了一种微妙的平衡关系。

另一种产于大洋洲的粘虫肉食植物腺毛草，则跟另一种蝽（Setoceris byblíphilus）共栖。和捕虫树上的刺蝽相似，这种蝽以被腺毛草粘住的昆虫为食。它们可以在腺毛草的表面自由活动而不会被黏液粘住。同属的另外两种蝽（S. droserae, S. russelli）也会跟茅膏菜形成类似的共栖关系。

这些生活在剃刀边缘的肉食植物共栖者，向我们展示了生命现象的复杂和多彩。捕食者和被捕食者总是在不断转换中。肉食植物反客为主，演化出各种捕食器官来将动物纳入腹中，将了动物一军。然而动物也不会束手就擒，转而演化出了能够与其共存而不会被吃掉的各种生存策略，还能乘机从肉食植物身上揩油，偷偷为自己捞点好处。

第十二章　奇特而迷人——养殖肉食植物

> 养殖肉食植物的基本要点是，我们要尽量将养殖环境弄得跟植物的原生生境相似。

肉食植物由于其奇特而迷人的生活方式，从18世纪以来就一直吸引着人们的好奇心。无辜的植物扮演着杀手的角色，这一冲突的设定，让人们不再满足于坐着欣赏自己后院一动不动的杜鹃花。孩子们为捕蝇草一张一合的捕虫夹癫狂，这都使得人们开始想将这种神奇的植物占为己有，摆在自家桌子上或后院中，在满足自己好奇心的同时，也能吸引到访客的连连赞叹之声。

而在当代，肉食植物早已不是少数专业植物爱好者的私藏。猪笼草、瓶子草、茅膏菜、捕虫堇和捕蝇草，早已成为花店里的常客。我们甚至还能在网店上网购到这些植物，足不出户就能拥有它们。但很多植物种植新手出于好奇，将它们抱回家，却往往以悲剧收场，不到几周这些肉食植物就奄奄一息了，从此新手们便对肉食植物望而却步。其实只要注意到一些窍门，很多肉食植物并不难养。读者朋友们在前面几章中读到了那么多关于神奇的肉食植物的故事，也肯定摩拳擦掌，跃跃欲试地想要自己操练操练了。这里我就给大家介绍一些养肉食植物的基本要点和小窍门。

养殖肉食植物的基本要点是，我们要尽量将养殖环境弄得跟植物的原生生境相似。所以在种植肉食植物时，我们首先要做的是调查其原生生境的条件。但这并不代表我们就非要照搬其原生生境的一切，很多时候我们并没有条件这样做。所以，我们只需要注意影响植物生长最关键的五个因素——温度、光线、空气湿度、土壤和水分。举个例子，如果

一种肉食植物来自中欧温带的喜雨沼泽，那么我们在养殖的时候，并不是非要自己造一片沼泽出来，而是需要模拟沼泽的生态环境，注意控制温度，冬冷夏温，光照充足，高空气湿度，低营养多水，酸性的种植介质（泥炭），以及时刻保持植株湿润。

根据肉食植物的生境的温度条件，我们可以将它们分为五类：温带、地中海和亚热带、热带低地、热带高地。温带肉食植物需要温暖的夏季温度和寒冷的冬季温度，在夏季最好有显著的昼夜温差。在冬季植株则会进入休眠期，对种植在户外的植株，需要注意用遮盖物进行抗霜冻保护。地中海和亚热带肉食植物则最好种植在温室中，它们同样需要温暖的夏季和寒冷的冬季，夏季夜间则需要低温环境，冬季温度一般控制在8~15摄氏度。热带低地肉食植物需要全年温暖的环境，应该种植在20~30摄氏度的温室中，夜间可以适当降温，但不要过于猛烈。热带高地肉食植物则需要全年昼温夜冷的环境，白天温度不能太高，夜间也需要降温，最好有能够形成露水的温差。

大部分肉食植物都喜欢充足的直射阳光，即便是生活在热带密林里的肉食植物，也可以承受正午阳光的直射。而且最好不要将肉食植物种植在过暗的环境中，因为热带的背阴处相比温带仍然能接收到更多的光线。但对于空气湿度较低的地区，种植时需要注意在正午阳光直射时进行遮阴保护。对于阳光不充足需要利用人造光源的地方，需要注意让光源尽量靠近植株，以使它们能够获得尽量多的光照，但也需要注意防止光源过热对植株造成烧灼。

很多肉食植物偏爱高空气湿度，50%~70%之间是比较理想的。长期低于40%的空气湿度会对大部分肉食植物的叶片造成伤害，所以种植在室内的肉食植物需要避免放置在加热器附近。可以在花盆下放置充满水的浅盘来保证其湿度，也可以通过一些遮蔽措施来维持空气湿度。

由于富含营养物质和矿物质，一般的园艺用土都不适合来种植肉食植物，所以需要在花店购买肉食植物的专用种植介质。专业的肉食植物

养殖者会自己配制介质，通过调整配方来更好地适应不同肉食植物的要求。沙土最好选择石英沙，因为其营养物质含量很低，且呈酸性。石灰沙由于富含矿物质并呈碱性，并不适宜种植肉食植物。颗粒越细的沙土吸水性越强，所以一般用粗糙大颗粒的沙土来对土壤进行疏松通气。在使用沙土前还需要注意彻底清洗以去除可能残留的矿物质。

由于呈酸性，树皮，尤其是针叶树的树皮，在种植附生类肉食植物时经常被用到。和沙土一样，颗粒越大的树皮屑吸水性越弱，可以用于土壤疏松通气。椰子纤维、聚苯乙烯颗粒、珍珠岩、蛭石和岩棉也能起到类似的作用，岩棉被广泛用于附生兰类和附生猪笼草类的种植。木炭由于具有吸附有害化合物的功能，也被用于肉食植物的种植。

泥炭藓则是一类活介质。它们生长在湿润贫瘠的地区，并释放腐殖酸使得周围环境呈酸性。由于它们生长时会形成大量分枝，也使其具有良好的通气作用。泥炭藓可以被用于种植太阳瓶子草和高地猪笼草。但需要注意，它们对高温非常不耐受，并且无法承受任何肥料和矿物质。因此，泥炭藓也能作为我们种植时检测土壤有害化合物的指示物。如果没有泥炭藓，由于类似的低营养和酸性特征，泥炭也是一种广泛采用的肉食植物种植介质。泥炭和泥炭藓虽好，但从沼泽大量挖掘泥炭藓和泥炭会对自然环境造成破坏，所以需要谨慎采用这类介质。



采用泥炭藓进行种植的腺毛草幼苗。（图自橙子夏2013）

用于灌溉肉食植物的水需要避免含有过多的矿物质，有条件收集雨水灌溉是最理想的，但需要注意，收集的容器不应产生有害可溶物质。自来水由于含有大量矿物质和氯，不适合用来灌溉肉食植物，但可以通过煮沸来降低矿物质和氯的含量。如果雨水不够用，最好能有产生蒸馏水或者去离子水的装置，或是直接从超市购买纯净水或去离子水。浇灌时尽量不要让水直接接触植株，可以将水灌在花盆下的浅盘中，靠毛细作用对土壤和植株进行供水。

由于肉食植物从其捕获的动物体内获得氮素，所以不需要进行施肥。

最后介绍一些适合种植新手的肉食植物和种植它们的小窍门：

捕蝇草：室内种植。在夏天捕蝇草可以在户外或室内种植，冬季气温最好在10摄氏度左右。捕蝇草需要摆放在光照非常充足的地方，夏季需在花盆下围水。在下次浇水前，需让水盆里的水彻底干掉。在冬季需保持植株湿润，但不要让它们一直在水中生长。一些叶片会在过冬休眠时枯萎，不用过度担心。

圆叶茅膏菜：室外种植。需种植在阳光充足的地方，但新买的植株需要渐渐适应强光环境。圆叶茅膏菜最适合种植在人工沼泽中。这种人工沼泽可以用充满酸性泥炭的大塑料管，埋在花园里建成。

杂交猪笼草：室内种植。全年温度需控制在20~25摄氏度之间，保持阳光充足，但只在早上让其直接暴露在直射阳光下。盆下围水灌溉。

紫花捕虫堇：室外种植。需要种植在北朝向较冷的区域。需要充足的阳光，但避免烧灼。需用喷雾器经常保持植株湿润。

紫瓶子草：室外种植。冬季需用落叶覆盖以防止冻害。需要充足的阳光并始终保持湿润。

第十三章　光合作用的背叛者——寄生植物

当这些植物尝到了从其他植物那里吃白食的甜头后，它们就渐渐背叛了光合作用，走上了依赖异养的不归路。

在大家的印象中，植物都是绿油油的，靠光合作用过着自给自足的生活。但有一些植物，却在漫长的演化过程中，开始对其他植物打起了算盘。它们偷偷地潜入其他植物的根系、茎干中，靠窃取宿主的营养来为自己的生长提供便利。当这些植物尝到了从其他植物那里吃白食的甜头后，它们就渐渐背叛了光合作用，走上了依赖异养的不归路。世界上大约有4500种寄生植物，约占开花植物总数的1%，分布于280个属，20个科。包括还能进行光合作用的半寄生植物，如槲寄生，和彻底抛弃光合作用，完全依赖寄生获得营养的全寄生植物，如大花草。而按照其寄生部位不同，我们还可以将寄生植物分为根寄生植物和茎寄生植物两大类。前者如肉苁蓉，后者如菟丝子（Cuscuta）。半寄生植物占所有寄生植物数量的九成，根寄生植物则占总数的六成。有意思的是，单子叶植物中不存在寄生植物。

需要注意的是，一些看上去像是在进行寄生生活的植物，实际上并不是真的寄生植物。比如一些生长在其他植物枝条上的附生植物，如苔藓和地衣。一些蕨类和某些高等植物，如兰花和凤梨，也存在这样的附生现象。但这些植物同样可以在电线杆和石墙上生长。它们跟所附生的植物并没有直接的组织联系，也不从这些植物身上获取营养，只是将这些植物作为自己的栖息地而已。而还有一类会对其他植物造成严重伤害的植物，如生长于印度尼西亚热带雨林中的垂叶榕（Ficus

benjamina）等绞杀植物，会攀附到其他树木之上，向上攀缘到达树冠层以获得充足的阳光。在这一过程中，绞杀植物过紧的束缚会影响到其攀附树木的生长和水分、营养运输，有时这些树木就会因为得不到足够的阳光和水分而死亡。但这些植物由于不直接从其攀附对象身上获得营养，我们也不将其算作寄生植物。此外，还有一类完全失去光合作用能力的植物——菌异养植物，是寄生于真菌之上的，现在也不算作寄生植物。我们一般只将寄生于其他植物上，并从其体内获得营养的植物称作寄生植物。

由于很多寄生植物只在地下靠根系跟它们的宿主相联系，而且它们自身也进行光合作用，从地上部分来看，它们与其他绿色植物并没有什么区别，所以我们平时并不会意识到这些植物是寄生植物。兼性寄生植物在能从宿主身上获得水分和营养物质的时候会生长得更好，但短时间或更长时间没有宿主时也能存活，这类植物都属于根寄生半寄生植物。而专性寄生植物则一定需要宿主才能存活。

寄生植物靠吸器（haustorium）跟宿主相联系，到达宿主的维管组织，从中吸收水分和营养物质。但吸器的形状千差万别，一般由两部分组成：一部分起到吸附和固定于宿主身上的作用，另一部分则起到穿刺入宿主组织的作用。前者一般出现在茎寄生植物上。按来源来看，我们可以将吸器分为初生吸器和次生吸器两类。前者直接由初生根尖发育而来，大部分寄生植物只有此类吸器。而另有一些寄生植物如菟丝子和寄生藤，会有从其他组织发育而来的次生吸器。次生吸器与初生吸器相比要小一些。但也有吸器分化不显著的寄生植物，如大花草。它们的初生吸器只在种子萌发后一小段时间内出现。当穿透宿主组织后，初生吸器的吸附支撑结构就会退化凋萎。它们的组织完全埋藏于宿主体内，在宿主表面将完全看不到寄生植物的痕迹，直到开花时它们才钻出宿主表面。



巴基斯坦地区挂满了整棵树的菟丝子。（图自Khalid Mahmood）

最初的寄生植物的产生可能是来自植物地下根系的互相接触，所以寄生植物的初级形态应该是半寄生的根寄生植物，而大部分茎寄生植物又是从根寄生植物演化而来的。在檀香目中，檀香科和桑寄生科既包括根寄生植物，也包括茎寄生植物，有些种类甚至同时兼具根寄生和茎寄生。一种桑寄生植物（Tripodanthus acutifolius）会在宿主枝条上萌发，其根系会沿树干向下生长，在树干上形成次生吸器，最终在到达地面后形成大型的地下根系，并跟宿主的根系形成吸器。

我们可以猜测到，寄生植物是逐渐抛弃光合作用的，而这一点也在很多关于寄生植物的叶绿体基因组学研究中得到了证实。由于逐渐不再依赖光合作用，寄生植物的叶绿体基因组在不断退化。而就退化的程度而言，完全寄生植物也是显著高于半寄生植物的。首先丢失的基因是最不重要的跟抗逆生存相关的一些基因——如ndh基因，然后丢失的是跟光合作用组件蛋白合成相关的各个基因，最后才是与维持叶绿体基本功能相关的ATP合成和核糖体合成基因。寄生植物的叶绿体基因组不断退化，最终在大花草中，我们就完全找不到叶绿体基因的痕迹了。

寄生植物的另一大特点，是它们的基因组中有着大量的基因水平转移，即它们从其他植物那里，尤其是它们的宿主那里，盗取了大量的基因。而这些基因很多还是可以正常表达的。偷取宿主基因进行表达使得寄生植物可以在分子层面模拟宿主，从而降低宿主的防御反应。

寄生植物，特别是完全寄生植物，往往有着跟绿色植物差异巨大的形态特征。某些寄生植物如菌花、帽蕊草、蛇菰，看上去完全不像是植物，而更像是真菌一类的生物。寄生植物往往缺乏叶片和枝条，这使得我们很难有足够的形态特征将它们跟其他绿色植物联系起来。而它们仅有的花的形态特征又跟其他已知植物相去甚远，这就导致了很多寄生植物长期在植物分类上地位的不确定性。早期分类往往一股脑儿将它们都扫到一堆去，如经典的克朗奎斯特分类法中大花草科就包括了离花（Pilostyles hamiltonii）、簇花草（Cytinus ruber）、大花草（Rafflesia arnoldii）、帽蕊草（Mitrastemon yamamotoi）等一系列难以归类的寄生植物。直到近代得益于分子系统学的进步，研究者开始采用不用依赖于形态特征的DNA分子标记来对这些千奇百怪的寄生植物追根溯源，才终于揭开了它们的身世，使得它们终于跟失散多年的亲戚相认。如前面提到的大花草科中的寄生植物，现代研究就发现它们根本不属于同一个科，甚至都不属于同一个目，互相之间相去甚远，毫无联系。大花草科被放在金虎尾目（Malpighiales），离花科被放在葫芦目，簇花草科被放在锦葵目，帽蕊草科被放在杜鹃花目。



四种以前都被放在大花草科的寄生植物，左上为离花（图自Kevin Thiele），左下为大花草（图自ma_suska），右上为帽蕊草（图自Eigenes Wek），右下为簇花草（图自Mirko Piras）。最近的分子系统学研究将它们都分到了不同的目中。

最早关于寄生植物的记载来自生活于公元前371—公元前288年的古希腊学者狄奥弗拉斯图（Theophrastos），他在柏拉图学院里学习，是亚里士多德的学生和继承者，并撰写了很多关于植物形态学和系统学的书籍。他提到了巴比伦附近的灌木，被一种没有叶子的缠绕藤本所覆盖。这种植物应该就是菟丝子。在19世纪之前，西方植物学著作很少提到寄生植物。但由于寄生植物对农作物的显著危害，民众对寄生植物并不陌生。最早全面研究寄生植物的著作由加拿大维多利亚大学教授乔布

- 库伊特（Job　Kuijt）于1969年写成，他的《寄生有花植物生物学》也成了寄生植物研究里程碑式的开创性经典著作。

第十四章　地狱来的植物——菌花

菌花的整个生活史都充满了恶感，不愧为“地狱来的植物”，但演化植物学家们却对它充满了好奇。

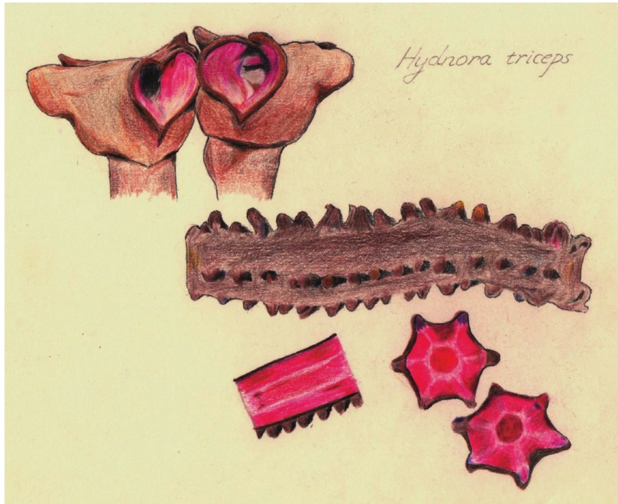
如果菌花说它不是世界上最丑陋的植物，恐怕没有植物敢去争第一。第一次看到菌花的人根本不会将它与植物联系在一起，往往误以为它是某种真菌。它没有叶片，用地下粗壮的类似于根状茎的主根从寄主身上吸收营养。地上部分只有一坨肉质的花，好像某些蘑菇的子实体。而这花看上去也跟人们心目中的美好形象大相径庭，肉质肥厚，表面疙疙瘩瘩，颜色暗红，上部开裂，还散发着恶臭，完全是集各种恶心元素于一身，简直像是奥特曼里面的小怪兽。有人说它是地狱来的植物，一点也不为过。

菌花科（Hydnoraceae）一共两属约10种。一属（Prosopanche）生长在中南美洲，共4种；另一属（Hydnora）生长在非洲、阿拉伯半岛和马达加斯加的沙漠地区，以南非为分布中心，共6种。这一非洲和南美洲的间断分布，是由冈瓦纳大陆分离成美洲大陆和非洲大陆造成的。由于菌花长相奇特，很难将它跟任何已知植物联系在一起，它在植物界的系统分类位置一直不清楚，克朗奎斯特系统将它跟很多其他的寄生植物一股脑儿都归到大花草目中。直到2002年才采用分子数据将其归入胡椒目，在最近出版的《被子植物种系发生学组系统IV》（Angiosperm Phylogeny Group,APG IV）中，菌花被归并入马兜铃科（Aristolochiaceae）。其实某些马兜铃也会长出非常吓人的花朵来，菌花现在跟它认亲戚，也不算是硌硬了它。



美洲菌花（Prosopanche Americana），其质地和外观跟真菌相仿，让人很难联想到植物

菌花是唯一完全没有叶片结构的被子植物（连退化的鳞片状叶都没有）。菌花的寄主为大戟属（Euphorbia）和金合欢属（Acacia）植物，靠地下粗壮的茎状根吸收寄主的营养，只在开花的时候露出地面。更为奇特的是一种三头菌花（Hydnora triceps）甚至连开花都在地下完成，可以终生不露出地面。这也使得它非常隐秘，很难被人发现。三头菌花在1830年首次被人在南非南端的开普地区发现，但在其后的一百多年时间里再也没有被人发现过，一度被认为已经灭绝。直到1988年才再次被人发现，其后也在2004年再度在纳米比亚南部被发现。三头菌花周身覆盖厚厚的木质表皮，可以在其生长时起到保护作用。三头菌花的三瓣肉质花被片融合成一个杯状结构，向外开出三个开口。由于三头菌花会在地下开花，其传粉过程也非常神秘，猜测可能是由地下的昆虫和小型哺乳动物完成的。



三头菌花，上部为其可在地下开放的肉质花朵。中部和下部是其地下粗大的根状寄生结构及其剖面图。（小铖绘）

研究者们还发现，菌花有着迄今为止发现的最小的叶绿体基因组，其总长度只有27kb（一千碱基对，用以度量DNA序列的长度单位）。由于不需要进行光合作用，很多寄生植物的叶绿体都在不断退化。菌花跟其进行光合作用的亲戚相比，叶绿体基因组只保留了24个基因，丢失了89个基因，其中很多都是与光合作用相关的基因。

菌花不仅有着邪恶的生活史，其传粉过程也非常邪恶，演化出了类似肉食植物的捕虫结构。菌花的花朵在地面展开后，花被内侧的白色海绵状结构会散发出如腐尸般的恶臭，吸引皮蠹一类的腐食性甲虫来访。菌花的联合花筒类似于猪笼草或瓶子草的捕虫笼，表面非常光滑，使得进入到花内部的甲虫无法逃脱。研究者们发现每朵花平均可以囚禁两只以上的昆虫。囚禁在花中的昆虫被花粉充分包裹，并在花室内壁干枯后才得以逃脱，继而造访其他花朵完成授粉。

此外，菌花的花朵还有微弱的生热作用，有助于其气味的散发。这种生热作用也见于其近缘的马兜铃和天南星科等植物中。如天南星科的臭菘（Symplocarpus　foetidus），花朵在严冬开放，花苞内始终保持着22摄氏度的温度，比周围环境的温度高约20摄氏度，吸引寒冬中的传粉者。生热作用不仅可以促进花朵臭味的散发，也能为传粉的昆虫提供

一个舒服的环境，延长它们逗留在花中的时间。

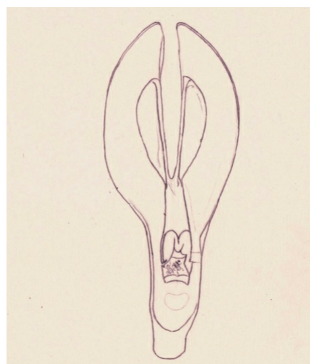
三头菌花的果实有着坚硬的深棕色外皮，直径为3~10厘米，225~275克重。果实内部有白色肉质结构，气味和味道有一点像椰子，质感有点像面面的苹果。一些哺乳动物会钻开这些果实食用里面的果肉，可能有益于其种子的传播。

除菌花外，另外有很多植物也演化出了类似的传粉策略。为了延长传粉者停留的时间，它们演化出了类似肉食植物捕食器官的结构，将传粉者困在花中，以让其能接触到更多的花粉。比如乳草（Asclepias）和萝藦亚科的其他一些植物，在其雄蕊花药上有着线状的结构，被称为载粉器。载粉器可以缠住蝴蝶等传粉昆虫的腿，延长它们的停留时间。但一些小型传粉者如蜂类，有时会因为挣脱不了而死在花里。这种类似的行为也出现在一些兰花，如胄花兰（Coryanthes）中。

天南星科的一些植物，如产于欧洲中部的斑叶疆南星（Arum maculatum）和产于北美的三叶天南星（Arisaema triphyllum），也有着跟菌花类似的围困传粉者的结构。在早春花期来临时，它们陷阱般的花序结构能吸引大量小型昆虫来访。雌花位于陷阱结构的底部，而携带花粉的雄花则位于雌花上方。由于开口处有倒毛，传粉者如蚊子和甲虫，只能沿毛的方向进入花序，而无法原路返回。随着进入的昆虫越来越多，一些先进入的昆虫会被压死在花序底部。在成功传粉后，倒毛会逐渐消失，被困在里面的昆虫才能离开，接着去造访下一朵花。



斑叶疆南星，陷阱般的花序结构能吸引大量小型昆虫来访。（图自Sannse）



菌花（Hydnora Africana）的花纵剖面图，花的上部有腺体可以分泌臭味吸引腐食性昆虫，下部位于地下的腔室光滑，使得进入的昆虫无法逃脱，在花中的昆虫被花粉充分包裹，并在花室内壁干枯后才得以逃脱，继而造访其他花朵完成授粉。（小铖绘）

一些南非产的睡莲，如蓝睡莲（Nymphaea caerulea），也采用类似的策略。它们大型、美丽、有香味的花朵能够吸引包括食蚜蝇、甲虫和蜂等传粉者的来访。到晚上的时候睡莲的花朵就会关闭，将传粉者困在花中，直到第二天早上才重新开放，释放传粉者。

菌花的整个生活史都充满了恶感，不愧为“地狱来的植物”，但演化植物学家们却对它充满了好奇。我们对它的寄生机制和花的发育过程还知之甚少，有待进一步的研究。而菌花和前面其他植物的传粉机制，也体现了这些植物在传粉的演化中发展出了跟肉食植物的捕虫机制类似

的结构。植物们不仅在将动物作为食物时充满了攻击性，它们在传粉的过程中，也不总是充当温柔的被动接受者。

第十五章　演化植物学家的噩梦——大花草

它像是植物中最叛逆的不肖子孙，不断忤逆着一切演化法则，还放肆地嘲笑着生物学家们，让他们抓耳挠腮。

因为拥有世界上最大的花，大花草算得上是寄生植物中最为人所熟知的种类。但它奇特的生活史和构造，却制造了一个又一个演化生物学上的难题，让植物学家们头疼不已。





阿诺德氏大花草（Rafflesia arnoldii）和其亲戚大戟科植物一品红（Euphorbia pulcherrima）的花。可以对比两者花的大小，差异非常显著，大花草的大花是怎样演化而来的也是一个进化生物学上亟待解决的难题。（图自ma_suska，Scott Bauer）

大花草科（Rafflesiaceae）一共三个属，约20种植物，分布在东亚和东南亚的热带雨林中，以婆罗洲为分布中心。大花草主要长在葡萄科崖爬藤属（Tetrastigma）植物的根上。大花草能产生大量微小的种

子，靠野猪、松鼠、蚂蚁、白蚁甚至大象来传播。

跟菌花类似，大花草科的分类位置也是长期难以确定的。直到2004年根据分子系统学研究将它放在金虎尾目。其后的研究发现它位于大戟科（Euphorbiaceae），而且位于大戟科整个系统发育树的中部，将大戟科生生撕成了两半。大花草这一大戟科的乱入者，直接导致了原先的大戟科被肢解成了两个不同的科。

大花草不仅在植物系统学上掀起了波澜，它跟大戟科攀上的这门亲戚，也同时制造了演化发育生物学上的难题：大戟科的花是出了名的不显眼。世界上最大的花，是怎么从这些小花一步一步演化出来的呢？

到目前为止，我们还缺乏从分子层面揭示由小花到大花这一演化过程的详细研究，只有一些关于为何演化出大花的目的因推测。世界上最大的花大花草，到最小的花微萍，植物的花从1米到1毫米，大小不等。人们一般认为，大花的产生是为了适应更大的传粉者，诸如鸟类，甚至哺乳动物，为它们提供更多的花蜜作为报偿。同时大花也能防止或减轻它们受到这些大型动物的破坏。

但实际上，诸如大花草这一类的大花吸引到的是小型的甲虫和蝇类。研究者们也发现，利用甲虫传粉的植物往往都有着尺寸较大的花朵。但甲虫并非大型传粉者，为何这些植物会演化出大型花呢？一种解释是，大型花可以一次性容纳多只甲虫在其中活动。而这有利于甲虫寻找配偶，从而为甲虫提供了更长的逗留时间。大花草的大花可能模拟了腐肉的体量和质感，同时散发出腐肉的恶臭，可以吸引到腐食性传粉者。大花同时也能增加传粉者在花朵中的停留时间，使它们能够充分接受花粉。除此之外，大花草的花朵还具有产热功能，和前面提到的菌花跟一些天南星科植物类似。一方面有助于腐臭的远距离散播，另一方面也可以为困在其中的传粉者提供适宜的温度，增加它们的逗留时间。这一功能也需要大体量的花完成保温作用。而上述的种种演化上对大花的驱动因素，可能就驱使大戟科的小型花演化成了大花草的大型花，最终

演化出了世界上最大的花。

更让人惊奇的是，这种世界上最大的花，却有着最退化的内部寄生组织。其他寄生植物在寄主内的寄生组织，或多或少都有一些功能性的分化，形成类似于木质部或者韧皮部的营养输导结构，从寄主体内盗取营养。但大花草在寄主内部，却是以如同真菌一般的丝状体的形式潜伏着，甚至在显微镜下，我们都很难将它的组织跟寄主的组织分离开来，只能通过细胞核的大小来进行区分。这些几乎没有分化的组织甚至都不是从胚发育而来的，而是直接来自原胚组织。植物在面对病原体入侵的时候会形成胼胝体对其进行隔离。但人们通过显微观察发现，大花草的宿主并没有在大花草的寄生结构周围形成这些组织，说明宿主并未将它们视为外来物质。而大花草巨大的花，也是直接从这些未分化的内部寄生组织发育而来的。这些丝状体在寄主体内生长缓慢。但在开花的时候会进行大量的有丝分裂，从寄主身上破裂而出。这一过程在最大的大花草中需要9~16个月的时间来完成。

我们仿佛面对的是一种真菌，而不是一种植物。它以极度低分化的状态潜伏在寄主体内，并在合适的时机像蘑菇的子实体一样破壁而出，开出世界上最大的花朵来。演化生物学家们惊叹于植物在陆地上演化出如此高级复杂的结构之后，竟然还能退化到如此地步。而这一天翻地覆的形态转变过程中的一系列空白，还需要我们慢慢填满。

此外，大花草是目前唯一没有发现叶绿体基因组的植物。异养植物不再进行光合作用了，叶绿体基因组退化也很正常，其他异养植物或多或少还保留了一些残存的叶绿体基因组，但在大花草中就是找不到一点叶绿体基因组的痕迹。那么大花草是不是就真的没有叶绿体基因组了呢？这又给生物学家提了一个难题。因为证明没有是一件很令人头疼的事，或许就还有那么一点点而你没有找到呢？怎么去证实？

2013年的一项新研究中，大花草再次跌破了生物学家的眼镜。在这项演化发育生物学研究中，人们发现大花草科的两个属——大花草属

（Rafflesia）和寄生花属（Sapria）花的构造发育居然是非常不一样的。大花草科植物的花一般都形成大型碗状的花室结构，但其结构跟我们常见的花朵非常不一样。花室的底部和侧壁是由花被管组成的。花室的顶部被称为横膈。横膈的开口是腐食性传粉者的入口。花室内部被一系列极具吸引性的花被管所环绕。花室的中心则有一根柱状结构。跟它的亲戚大戟科一样，大花草的花是单性的。大花草这些不同寻常的结构，到底都是由花的哪一部分演化而来的呢？

根据花发育的ABC模型，植物花不同部分的发育由三类基因控制。A类基因的单独表达控制了萼片的发育；A和B类基因共同控制花瓣的发育；B和C类基因共同控制雄蕊的发育；C类基因单独控制心皮的发育。所以，研究者们可以根据检测花的不同部分这三类基因的表达情况，来发现大花草不同寻常的花的各个部分，到底是由花的哪一部分构成的。

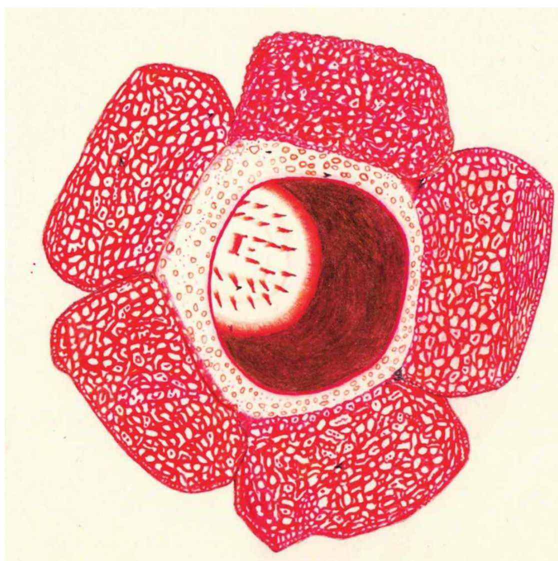
研究结果表明，在大花草属中，花上部的横膈是由花瓣轮发育而来的。但在寄生花属种，该结构却是由位于花被轮和花药轮之间的特殊环状结构发育而来的。也就是说，即便是在大花草科中，大花的发育来源也是不同的。这一结果又生出了更多的疑问。为何大花草这样奇特的结构的花，还会经历不同的发育过程呢？一种可能的解释是，在大花草科中，大花草属的花比其他两属还要更大，为了使大花结构进一步趋于稳定，大花草属在发育的层面进行了进一步的演化，发展出了更多的支持性结构来对大花进行加固。



寄生花（Sapria himalayana）的花，其花的结构看上去跟大花草相似，但各部分发育的来源却迥然不同。（图自Andreas Fleischmann）

大花草已经向我们提出了很多演化生物学上的难题，而且相信在今后围绕着它还会有更多的谜团涌现出来。它像是植物中最叛逆的不肖子孙，不断忤逆着一切演化法则，还放肆地嘲笑着生物学家们，让他们抓耳挠腮。

但科学的魅力不就在于这些刺激的挑战吗？它们像遥不可及的高峰一样，为我们提出一个又一个难题，不断激励着一代又一代的科学家们向上攀登着。



大花草（Rafflesia keithii），最神秘的植物。围绕着它有很多谜团需要我们去解开。（小铖绘）

第十六章　宿主选择与物种分化——簇花草

簇花草自己不进行任何光合作用，平时以内部寄生组织潜伏寄生于寄主组织内，只在开花的时候破壁而出，形成伞状的一簇，珊珊可爱。

簇花草科原本跟其他很多寄生植物一样被放在大花草科，当代分子系统学研究将其放在了锦葵目，跟产于热带美洲的文定果科（Muntingiaceae）关系最近。簇花草科一共两属：美洲簇花草（Bdallophytum）分布在中美洲雨林，约5种；簇花草（Cytinus）分布在地中海区域和南非，有6到7种。簇花草是营完全寄生植物的多年生根寄生植物，但也有少数能寄生在宿主的茎部。簇花草自己不进行任何光合作用，平时以内部寄生组织潜伏寄生于寄主组织内，只在开花的时候破壁而出，形成伞状的一簇，珊珊可爱，算是寄生植物里面颜值颇高的种类。某些种类的簇花草的幼嫩花芽还被作为芦笋的替代品来食用，在当地民间医药中，也被用来作为通经药。

簇花草的寄生机制被科学家们研究得比较透彻。寄生初期，找到宿主后，簇花草的组织穿透寄主根系最外层的皮层和形成层，深入到中柱的内部。中柱内含有维管束等营养水分输导组织，是簇花草赖以生存的生命源泉。来到目的地后，簇花草的寄生组织细胞开始不断分裂。持续大量的细胞分裂活动会挤压寄主的形成层，使其跟宿主的木质部剥离开来，而寄生细胞在其间的空隙中继续分裂，最终在寄主的形成层跟木质部之间形成一圈完整的寄生桶状结构。在这之后，寄主的形成层会继续活动，在其内又形成新的木质部组织。簇花草的寄生组织又侵入新的木质部跟形成层之间，形成新的寄生桶状结构。簇花草重复以上活动，最

终形成像千层糕一样的，一层寄主组织一层寄生组织的多层结构来，使得簇花草可以尽可能多地吸收宿主的营养物质。

一般而言，寄生植物会倾向于扩大自己宿主种类的范围，从而增加自己的存活概率。如果它们过于“挑食”，在找不到合适的宿主的情况下，就很有可能遭遇灭顶之灾。所以寄生植物会尽可能多地尝试寄生在它们所生活的生境下的所有植物上。根寄生植物，如火焰草属（Castilleja），可以寄生在100多种不同科的植物上，小鼻花（Rhinanthus minor）可以寄生在18个科约50种不同的宿主上。和根寄生植物相比，茎寄生植物的宿主专一性要强一些，但菟丝子仍然能寄生在数百种植物上。

与此相对应，也有一些寄生植物有着非常强的宿主专一性。如一种产于北美东部的列当科根寄生植物（Epifagus virginiana），就只能寄生在美国山毛榉（Fagus grandifolia）上。在茎寄生植物中，桑寄生科的一种油杉寄生（Arceuthobium minutissimum）只能寄生在一种松树乔松（Pinus wallichiana）上。



火焰草（Castilleja miniata）和列当科寄生植物。前者可以寄生在100多种不同科的植物之上，后者只能寄生在美国山毛榉上。（图自Dcrjsr，Cody Hough）

为何会出现这样的宿主专一化趋势呢？如果寄生植物在其生境中有着大量的宿主可以选择的话，也许它们就有了“挑嘴”的资本了。它们可以选择更有利于自己生长、繁殖的宿主。有研究表明，寄生植物更偏向于选择氮素含量更高的植物，如豆科植物，或是维管组织更容易到达的植物，或是低抵抗力的植物。寄生植物可以根据不同的标准来选择宿主。从空间上来看，寄生植物更喜欢选择同一生境下数量更多的植物，以提高自己的生存可能性。一些寄生植物在合适宿主的化学信号刺激下才会萌发，这对它们在萌发后快速找到宿主展开寄生至关重要。菟丝子在用自己的茎不断游走找寻宿主的时候，也会进行这样的试探动作。通过触碰宿主的茎干，它们会回避自己不喜欢的宿主。如果碰到了合适的宿主，就会紧紧缠绕，然后开始进行穿刺，展开寄生活动。

而在这样的不断选择下，会不会促使一个类群产生新的物种呢？寄生生物正是由于其独特的生活史，使得研究者们猜想它们有着跟其他生物不同的物种形成机制，如宿主选择导致的物种和种群分化。寄生植物在长期的寄生生活中会不断跟宿主进行遗传物质的交换，以方便其在分子层面模拟宿主，降低其排异反应。这一过程也会导致寄生植物对寄主的选择不断专一化，并随着这种专一化的加深，在基因层面和表型上出现差异，产生种群甚至物种的分化。

簇花草可以自交，也可以通过蚂蚁传粉。地中海沿岸的簇花草寄生在半日花科的岩玫瑰属和欧洲半日花属植物上，宿主种类不广，但也不单一，正好成了演化生物学家研究宿主选择与物种及种群分化的好材料。

在2008年的一项研究中，科学家们就采用地中海西部沿岸的簇花草为研究材料，对这一假说进行了证实。科学家们研究了寄生在10种半日花科宿主上的22个居群，174株簇花草个体，采用了DNA分子标记构建系统树，使得我们可以知道这些类群或物种的亲缘关系，并跟它们的宿主相比对。其结果正好显示出选择同一宿主的个体在系统树上聚在了一块

儿，也就是说选择同一宿主的个体，在遗传学上和演化历史上都更接近，这也证实了对宿主选择的单一性导致了寄生植物在种群和物种上的分化。



簇花草（Cytinus hypocistis），通过蚂蚁授粉。配色鲜艳，对比度高，算是颜值最高的寄生植物之一。（小铖绘）

第十七章　寄生植物与草食动物的竞争——槲寄生

据说站在槲寄生下的人不能拒绝别人的接吻请求，而在槲寄生下接吻的情侣，会终身幸福美满。

槲寄生大概是人们最熟悉的寄生植物了。每当北方温带地区落叶树林的冬季来临时，常青的槲寄生在其寄主的枯枝上显得格外惹眼，而其白色裸露的浆果，也在绿叶间闪闪发光。在基督教兴起前的欧洲，槲寄生被认为是神圣男性元素（浪漫、繁殖力和活力）的象征。在现代，槲寄生也是圣诞节必不可少的装饰物和象征物。据说站在槲寄生下的人不能拒绝别人的接吻请求，而在槲寄生下接吻的情侣，会终身幸福美满。这一说法可能起源于斯堪的纳维亚地区。13世纪冰岛史诗《散文埃达》记载，众神之后弗丽嘉的儿子光明神巴德尔做了自己将死的噩梦，弗丽嘉因此在一次诸神集会中请求诸神见证世间万物皆不可伤害巴德尔。但由于槲寄生看上去太柔弱，弗丽嘉独独没有让它发誓。而诡计多端的洛基便利用这点，欺骗巴德尔的瞎子哥哥霍德尔，向巴德尔投出了槲寄生枝条杀死了他，世界因此失去光明。弗丽嘉为儿子哭泣的泪水变成了槲寄生的白色浆果，为了纪念巴德尔之死，经过槲寄生树下的人都要互相接吻。这一习俗在19世纪早期广为流传，美国作家华盛顿·欧文（Washington Irving）在1820年的《英伦见闻录》中记载：



常绿的槲寄生（Viscum album）和其白色的浆果，在冬日被白雪覆盖的落叶树枝干上显得特别惹眼。（图自SwordSmurf）

槲寄生仍然被挂在圣诞节期间的农家和厨房中，年轻的小伙子有亲吻在它之下出现的姑娘的特权，而且每一次都需从其上摘取一颗浆果。而当所有的浆果都被摘下时，这一特权也就失效了。

槲寄生是檀香目（Santalales）檀香科（Santalaceae）槲寄生属（Viscum）植物，广泛分布在东半球热带和温带地区，约150种植物。檀香目是寄生植物中种类最多的一个类群，约13个科，151属，1992种植物，且大多是半寄生植物。檀香科则有35属，包含我们熟悉的香料植物檀香树（Santalum album）。槲寄生原来被放在独立的槲寄生科中，现代研究将其包含在檀香科内。

大部分槲寄生靠鸟类传播种子，很多鸟类专门取食槲寄生的果实。槲寄生的果实一般都很大，有着显眼的颜色，富含碳水化合物、氨基酸、矿物质和脂类，以吸引鸟类取食。槲寄生的种子会有一层富含槲寄生素的黏性种皮，槲寄生的种子随鸟粪落在寄主的树枝上，就可以被粘在枝条上。

落在枝条上的种子萌发之后，其初生吸器会发育出吸附器，与寄主连接的上皮细胞会分泌类脂类物质，将其与宿主紧紧粘在一起。入侵组织在到达寄主的维管束后，就会随宿主茎干的生长逐渐被埋在其次生木

质部中。这一部分入侵组织被称为初级埋体。初级埋体其后会在宿主皮层内进一步生长。这些被称为皮层束的多细胞衍生结构会沿跟茎轴平行的方向生长，其延伸的长度随物种的不同而有差异。槲寄生的皮层束在其后会产生次生埋体，和初生埋体相似，在宿主的木质部和维管束中呈放射状生长。在宿主的维管束中，这些埋体细胞仍然具有分生功能，可以继续分裂，使得埋体可以跟宿主的次生生长一起生长。最终成熟的皮层束可以产生花芽，并从宿主的表面破壁而出。

寄生植物将植物当作自己的营养来源，而草食动物同样也将植物作为自己的食物来源。作为利益互相冲突的双方，它们两者会不会出现什么有意思的竞争关系呢？研究表明，一些寄生植物会进行拟态，或利用宿主的叶片来保护自己免受草食动物的啃食。因为大量吸收宿主的营养之后，对草食动物来说，长势良好的大型槲寄生类植物看上去可能比健康受到严重影响的宿主更可口。为了避免被草食动物察觉到，槲寄生的叶片会倾向于长得跟寄主一样，这一保护性的拟态现象，可以使它们在森林中显得没有那么惹眼，从而躲过一些靠视觉来寻找食物的草食动物。而对另一些营养器官并不显著发育的小型槲寄生类植物来说，它们则反而更倾向于不进行这种拟态，以使自己跟寄主区分开，使自己相比寄主，在草食动物眼中没有那么可口。此外，槲寄生还会产生槲寄生素（viscin），这是一种核糖体活动抑制蛋白，可以跟细胞膜表面糖蛋白的半乳糖末端联结，并通过内吞作用进入细胞内部。槲寄生素能通过失活核糖体60s亚基而强烈抑制细胞蛋白质的合成，这一毒素也使得它们能够抵抗草食动物的啃食，让它们在野外得以生存。

被寄生植物寄生的植物会更加虚弱，也应该更容易受到昆虫的啃食。但科学家们观察到，由于寄生植物跟草食动物对营养资源的竞争，草食动物也可能更少啃食被寄生的植物。观察表明，被一种鼻花（Rhinanthus serotinus）寄生的白车轴草（Trifolium repens）会更少受到蜗牛的啃食。但对比产氰和不产氰的车轴草属植物，科学家发现受到寄生的产氰车轴草的氰化物产量会低于没有受到寄生的个体，这也

表明寄生现象会减少植物合成抵抗草食动物的有毒化合物的产量，表明草食动物之所以更少啃食被寄生的植物，可能只是因为它们看上去已经不太健康，没有那么有吸引力了。

寄生植物不仅能从寄主身上吸收营养物质和水分，它们也能获得一些有毒性的次生代谢产物来为自己提供保护。科学家们发现，根寄生半寄生的列当科植物，可以获得宿主中的生物碱，并减少自己被草食动物啃食的机会。一些檀香种植者发现，生活在苦楝（Melia azadarach）附近的一种檀香（Santalum acuminatum）会比其他檀香更少受到虫害的侵袭。而科学家们通过实验检测发现，这种檀香的果实中含有从其附近的苦楝体内获得的自然杀虫化合物。和没有生长在苦楝附近的檀香相比，它们的果实被蛾子幼虫啃食的机会会更小。

科学家们还发现，同时寄生在不同宿主上的寄生植物可以降低其被草食动物啃食的概率。同时寄生在豆科和非豆科植物上的火焰草（Castilleja wightii），相比只寄生在豆科或非豆科植物上的个体，其上蚜虫数量的增长要缓慢得多。通过寄生于不同的宿主之上，寄生植物可以获得更多样的次生代谢产物，从而增加自己抵抗草食动物的能力。这也可能是很多寄生植物会选择广泛宿主的原因。



火焰草，通过寄生于不同的宿主之上，寄生植物可以获得更多样的次生代谢产物，从而增加自己抵抗草食动物的能力。（图自a13ean）

第十八章　真菌同盟的背叛者——菌异养植物

> 它们的个头都很小，生得十分飘逸，一个个都是营养不良的病娇模样。如林黛玉一样，感觉一阵风就可以把它们连根拔起。

由于不进行光合作用，菌异养植物一度被认为跟大花草和菟丝子一样，是一类寄生在其他植物根系上的寄生植物，林奈一开始就把松下兰（Monotropa　hypopitys）放置在了寄生类的列当属下面。后来人们发现，这些植物跟其他植物的根系并无联系，它们一度被认为是依赖吸收地下动植物的腐殖质获得营养的，被称为腐生植物。但现代研究表明，这些植物其实是依赖于从共生真菌那里盗取营养的寄生生物，所以腐生植物这一称呼也就显得不再准确了。人们现在称呼这一类植物为菌异养植物。

植物可以进行光合作用来自养，但这并不代表它们可以万事不求人，彻底自给自足。在地面上，它们需要昆虫为其授粉，而在地面下，它们也需要细菌和真菌帮助它们吸收水分和各种营养物质。植物在征服陆地后，就跟土壤真菌建立了长期合作的互利共生关系，超过90%的植物，包括大量农作物，都可以形成菌根（mycorrhiza）。除了高等植物，低等植物如苔类植物和角苔类植物，也能形成菌根。化石证据也表明，绿色植物展开从海洋到陆地的攻势，并最终成功在陆地上扎根的丰功伟绩，也少不了这些真菌小伙伴的帮助。菌根（mycorrhiza）一词来源于希腊语的真菌和根系，体现了这种合作关系。菌根真菌促进了植物从土壤中吸收营养的能力，作为回报，植物则通过光合作用为真菌的生长和繁殖提供碳素来源。

菌根现象主要有两大类：由球囊菌门（Glomeromycota）真菌形成的丛枝菌根（arbuscular mycorrhiza）和由一些担子菌门跟子囊菌门真菌形成的外生菌根（ectomycorrhiza）。丛枝菌根是最常见，也是最古老的菌根形式，与植物从海洋成功登陆陆地息息相关。球囊菌无法单独生存，它们必须侵入植物根系的皮层细胞内部，形成丛枝菌根与植物进行共生。80%~90%的陆生植物都可以形成丛枝菌根，且一种植物可以跟好几种球囊菌形成菌根，球囊菌反过来也可以与好几种植物形成共生关系。植物跟它们相邻的其他植物，还可以通过菌根体系联系起来。

温带和热带森林中，松科、壳斗科、龙脑香科、桃金娘科和豆科的植物可以跟担子菌和子囊菌形成外生菌根。这一菌根形式晚于丛枝菌根出现，数量也没有前者多。这一菌根形式中，真菌细胞不侵入植物细胞内部。真菌的菌丝组织先覆盖住植物的根系，然后菌丝如同迷宫一般向内深入根的表皮和皮层之间，菌丝同时也向外生长延伸入土壤之中。

此外，兰科植物还可以跟一些腐生担子菌形成特别的菌根。这些腐生担子菌可以分解木材跟其他动植物的尸体，以获得其中的碳素和其他营养物质。兰科植物这一独特的、将本来自由生活的腐生真菌驯化来跟自己共生的本领，也为它们占据大量迥然不同的生境和如此庞大的物种数量提供了便利。

菌根现象本来是真菌和植物结成同盟，形成的一种双赢共生关系。但在漫长的演化过程中，渐渐地，某些植物开始打起小算盘，算计起自己的真菌小伙伴来。它们开始将这种互利共生关系，变成只有自己单方面获利的寄生关系，菌异养植物也就应运而生了。菌异养植物从菌根真菌中获取氮素和其他营养元素，自己却不进行光合作用为真菌提供回馈，变成了依赖真菌生长的寄生者。菌异养植物大多生活在阴暗的树林最底层地面上，无法得到足够的阳光。生物学家们也推测，为了弥补阳光不足所导致的光合作用的效率低下，这些植物才渐渐转而开始想办法从真菌身上下手，演化出了独特的菌异养行为。

不同菌异养植物对真菌的利用程度也不同。部分菌异养植物，自己还有光合作用的能力，多少还能为自己的真菌小伙伴提供一些回馈，虽然这些回馈远没有其他绿色植物多。而完全菌异养植物，则完全失去了光合作用的能力，其能量和营养完全来自真菌，自己也没有能力提供任何回馈，成了真正的“寄生虫”。

科学家们在19世纪便注意到了菌异养现象的存在。在19世纪40年代的时候，自然学家就对松下兰是否寄生在山毛榉树的根系上展开过争论。通过显微镜观察松下兰的根系，发现和其他寄生植物不同，松下兰的根系并没有跟周围的树木紧密联系在一起。几乎与此同时，第一份关于真菌侵染兰花根系的描述也出现了。有学者认为这些真菌将土壤中的营养带给了兰花。1882年，卡门斯基（Franz　Kamienski）里程碑式的研究，第一次通过仔细观察松下兰的根系，证实了其跟真菌的紧密联系。

我们可以在苔藓、裸子植物、单子叶植物和真双子叶植物里面找到菌异养植物的踪迹，包括约17个科、101属约880种植物。菌异养植物主要分布在单子叶植物里面，这可能跟单子叶植物的根系系统更适合产生菌根有关。而整个单子叶植物的菌异养植物里面，兰科又占了大多数。

实际上，所有的兰科植物都算是某种程度上的菌异养植物，因为它们的种子的萌发过程是离不开从真菌中吸收营养这一过程的。兰科植物能够产生世界上最小的种子之一，如粉尘状，可以只有0.15毫米长，重量一般不超过1微克。一颗兰科植物的蒴果可以含有10万枚种子。这么细小的种子，势必不会像其他植物种子那样，有充足的营养储存在子叶或者胚乳中。那么兰科种子萌发所需要的营养来自哪里呢？答案就是真菌。兰科种子的萌发都需要从真菌那里获得营养，这使得它们在生命初期都属于菌异养植物。只不过很多兰科植物在长出绿叶之后就不再需要继续寄生在真菌之上，转而开始进行光合作用自给自足起来。但仍有一些兰科植物如天麻，终生营菌异养生活，将这种剥削关系进行到底。

有人会羡慕腐生植物过着这样被包养的生活，一定是衣食无忧的。然而自然界是公平的，腐生植物既然选择破坏契约精神，也要付出高昂的代价。首先，真菌毕竟个头都不大，腐生植物想要从它们那里获得大量的营养实属难事，所以腐生植物的画风，就跟那些张牙舞爪、耀武扬威的寄生植物大不相同了。它们的个头都很小，生得十分飘逸，一个个都是营养不良的病娇模样。如林黛玉一样，感觉一阵风就可以把它们连根拔起。

其次，真菌也并不是等着被揩油的“傻白甜”，它们也会不断进化来辨识、对抗这些不劳而获者，腐生植物也必须不断变异来应对真菌的反击，如同抗药菌跟抗生素旷日持久的斗争一般。因此腐生植物有着比普通植物更高的基因突变率，这使得它们往往呈现出非常古怪的画风，长出一些非常暗黑、哥特式的花朵来。最后，由于腐生植物对真菌寄主和环境有着非常高的专一性，导致很多种类分布范围非常狭窄，灭绝的风险也比普通植物高得多。大部分种都是稀有种，很多种更是一经发现，就再也没有找到过。比如传说中的中华白玉簪（Corsiopsis chinensis），是1999年由中国科学院华南植物研究所的张奠湘研究员在整理一批1974年于广东封开采集到的旧标本的时候发现的。整个白玉簪科在亚洲只有这么一个属，一个种，一次发现记录。跟白玉簪同科的另外两个兄弟姐妹，一个是只分布在新几内亚及附近岛屿的美丽腐草属（Corsia），另一个是只分布在南美洲的蜘蛛花属（Arachnitis）。



中华白玉簪，只在标本中存在过的菌异养植物，连一张彩照都没有，我们何其不幸，无法一睹它的芳容。（小铖绘）

中华白玉簪、美丽腐草和蜘蛛花，它们的距离是如此遥远，就像是失散多年的三个兄弟，遗落在地球上的三个角落，从来没有机会团聚。但故事的结局是悲伤的，中华白玉簪除了那一份20世纪70年代的标本以外，半个世纪以来，就再也没有人发现过它的踪迹，很多人都猜测，这个种，乃至这个属，连一张彩照都没有，就已经灭绝了。而它的灭绝，甚至可能早于1999年它首次被发现的时间。这地球上三个天各一方的兄弟，现在可能只剩下两个了。

让人细思极恐的是，要是1999年没有人去调查那批标本，甚至要是那份20世纪70年代的标本由于种种原因没有保存下来，其后果就是，整个《中国植物志》会少一个科，整个亚洲会少一个科的发现记录。而对

这个种、这个属来说，由于个体微小柔弱，形成化石的难度大，如果我们没有在它灭绝之前发现它，就相当于它从来没有存在过。过去、现在，以及未来数百数千数万年的漫长时光中，可能压根儿就没有它存在过的丝毫痕迹。它出现过，它消失了，很多人都觉得，它已经灭绝了。所幸我们曾经发现过它，不然的话，它存在过却相当于没有存在过，它将永远不为人所知。

目前只有少数如天麻一类的有重大经济价值的腐生植物有成熟的人工栽培技术，此外的大部分腐生植物，是没有办法人工栽培的。无法人工栽培，就没有办法进行迁地保护，我们只能保护它们的生存环境，祈祷它们不要哪一天就忽然灭绝了，此外别无他法。所以这些腐生植物，纤细柔弱，如同鬼魅一般，飘忽不定。你能在野外看到它们是你的福气，它们今天可能出现在这里，明天可能就消失了，后天可能忽然出现在那里，或者某天它就忽然全部灭绝，再也看不到了，我们没有一点办法，只能听之任之。

愿以后随着园艺种植技术的进步，我们能够把这些任性的精灵，留在植物园里多加呵护吧。让更多的人见识到它们在世上罕有的美，也能够保护这样的美，不要忽然有一天，就再也看不见了。





中华白玉簪的两个相距天涯海角的亲戚：上为只分布在新几内亚及附近岛屿的美丽腐草（图自Thassilo Franke），下为只分布在南美洲的蜘蛛花（图自pabloendemico）

第十九章　以菌为食——天麻

唐代白居易《斋居》诗云：“黄芪数匙粥，赤箭一瓯汤。”这其中提到的赤箭，就是天麻。

看了那么多国外产的奇花异草，本次的主角终于轮到我们国家产的“自己人”了。唐代白居易《斋居》诗云：“黄芪数匙粥，赤箭一瓯汤。”这其中提到的赤箭，就是天麻。天麻又名赤箭、离母、鬼督邮、神草、独摇芝、赤箭脂、定风草、合离草、独摇、自动草、水洋芋、明天麻等，为兰科天麻属植物。赤箭以其茎如箭杆，赤色得名。

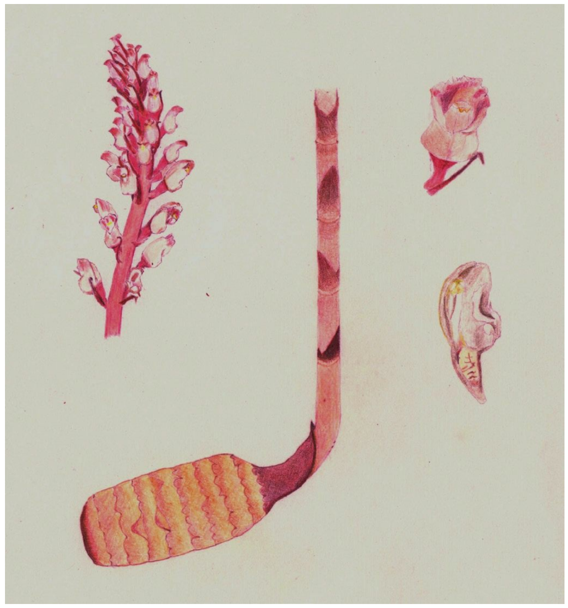
天麻是兰科天麻属植物。兰科也是被子植物中物种数量最多的科，约有880属约22000种植物。其中43个属约235种植物是缺乏叶子的全异养和半异养植物。兰科中最大的全异养属是产于旧大陆的无叶兰属（Aphyllorchis）和天麻属（Gastrodia），前者有33种植物，后者有22种。更多的兰科植物是半菌异养植物，一些半异养的兰科植物偶尔还会产生完全没有叶绿素的“白化”体。但需要注意的是，一些兰科植物开花时不产生叶片，在之后才长出叶片进行营养生长，有时会被人们误以为是菌异养植物。兰科植物广泛分布于除极圈和干旱沙漠之外的世界各地，但主要分布在热带地区，大部分的完全菌异养兰也生长在热带地区，特别是东南亚和大洋洲。所有已知的兰科植物的种子萌发都要依赖于真菌。一些兰科植物在萌发之后会长出绿色叶片进行光合作用，结束异养生活。另一些则终生寄生在真菌之上，不进行光合作用。

天麻是名贵的中药材，其药用部位为其地下根状茎。《本草纲目》记载：“天麻乃肝经气分之药。”天麻性味甘，平，有平肝息风的功能，常用于头痛眩晕、肢体麻木等症。现代研究表明，其主要药效成分

为天麻苷和天麻素。现代医学研究发现，天麻的有效成分对中枢神经系统有作用，如镇静安神、抗痫、镇痛；也对心血管系统有作用，如扩张血管、降压以及增加机体耐缺氧的能力；还有促智抗衰老和增加机体免疫功能和抗炎的作用。人工提纯的天麻素可以制成注射液，现代药理研究发现，其具有镇痛、镇静以及增加脑血流量、减少脑血流阻力的作用，特别能增加椎-基底动脉供血，改善迷路动脉及内耳血供。

天麻是菌异养植物，其种子细小，无胚乳及其他营养储存，仅由胚和种皮构成。所以天麻萌发时，跟其他兰科植物一样，需要依靠小菇属（Mycena）的几种真菌提供营养。在长成之后仍然不进行光合作用，而是继续其菌异养的生活。天麻需要寄生在蜜环菌（Armillaria mellea）等木腐菌上，靠分泌溶菌酶消化蜜环菌的菌丝吸收营养。天麻的根状茎吸引蜜环菌从表皮细胞侵入，但天麻的表皮层和中柱层之间有一个空腔细胞区，用来隔离抑菌，阻止菌丝的继续侵入。天麻同时还可以分泌天麻抗真菌蛋白（GAFP），对真菌的侵染有着强烈的抑制作用，防止根状茎被真菌侵蚀腐烂。有科学家通过基因工程技术，将这一基因转移到其他植物体内，可以使原来无法产生抗真菌蛋白的植物获得抗真菌病害的能力。利用这一技术可以获得高效能、无消耗、无污染的抗病植物新品种。

天麻是少数成功大规模人工栽培的菌异养植物，而我国科学家在对天麻的人工培育方面也做出了巨大的贡献。天麻的栽培过程需要培育供其寄生的蜜环菌，这就需要首先准备蜜环菌能够生长的腐木，如水青冈、桦树、桤木等树种。将木材切割成大段之后，每隔十多厘米砍出小口，整体呈鱼鳞状排列。在木材上面接种蜜环菌后，将木段于坑中排列成两层，层间填充腐殖土，保持适当的温度和湿度，经2～4个月后就可长出蜜环菌来。然后清除腐烂的蜜环菌，保留长势良好的蜜环菌，就可以在其上栽培天麻了。天麻也可用种子进行有性繁殖，过程也同上，只需在播种时，于两层菌材间多放些树叶和腐殖土，以提供其萌发时所需要的寄生菌种即可。



天麻（Gastrodia elata）。其膨大的地下根状茎，也是其主要药用部分。（小钺绘）

天麻的无性繁殖技术简单成熟，也是目前人工栽培最广泛采用的方法。但长期无性繁殖会导致品质的下降，经过三代以上便会出现明显的减产降质现象，容易出现病虫害，影响天麻的产量。也有学者探索了天麻有性繁殖的技术，但难度还是远高于无性繁殖。所以现在为了克服无性繁殖的缺陷，会采用换种、换地、换菌三换措施，来抵消长期无性繁殖带来的劣势。

天麻可根据采收季节分为冬麻和春麻，冬麻即为在冬季采收的天麻，一般来说冬麻质佳。成品中药天麻是由箭麻经过洗净、去皮、水煮、烘干后得到的，需洗去箭麻表面污物，削去鳞片和粗皮后，投入沸水烹煮10～20分钟，至天麻完全呈半透明状时停止，最后将天麻小火烘干至含极少量水，压平，即得成品天麻。

天麻为椭圆体，颜色为灰色或棕色，长度为3～15厘米，宽1.5～6厘米，表面有环纹，且具有三角形的鳞片，俗称为“蟾酥皮”。而天麻药材中冬麻的顶端有红棕色或深棕色的干枯芽苞，俗称“鹦哥嘴”或“红小辫”；春麻的顶端有空心的茎基，俗称“芦根蒂”。药材

的底部有脐形的疤痕，俗称为“凹肚脐”。断面为角质，灰白色。气微，味甘。

天麻药材以质地坚实沉重，有“鹦哥嘴”、断面实心、明亮的冬麻为佳品，而质地松软，有残留的茎基、断面空心、色暗的春麻为次品。

天麻虽然有很多好处，但也不要随便乱吃。古人早就对天麻的毒副作用有所认识。《本草纲目》说：“久服天麻药，遍身发出红丹。”《本经逢原》也云：“天麻性虽不燥，毕竟风剂，若血虚无风、火炎头痛、口干便闭者，不可妄投。”《本草撮要》也说：“血液衰少及非真中风者忌用。”现代医学研究也发现天麻具有明显的神经毒性和一定的肾毒性，一次服用40克以上就会导致中毒，常在1～6小时后发作，严重过量时甚至有可能导致死亡，因此服用时需注意用量。

天麻这样的菌异养植物不仅造型和生活史奇特，其体内还蕴含着诸多有药用价值的天然化合物，值得我们去深入分析和发掘，使其成为我们攻克疑难杂症的有效利器。

第二十章　进化的死胡同？——水晶兰的传粉

在野外看见水晶兰的时候，人们总是会忍不住敬畏它那遗世独立的皎洁，感受不到一丝生命的迹象，仿佛它来自死亡的世界。

水晶兰（Monotropa　uniflora）大概是这个世界上最纯净、最晶莹剔透的植物。它可以通体没有一丝色素，呈现出完美的雪白色。水晶兰株高5～30厘米，被鳞片状的退化叶覆盖，寄生在跟其他植物共生的菌根真菌上，一般出现在山毛榉类树木附近。由于不需要进行光合作用，它们往往出现在密林底部的阴暗角落里。水晶兰分布在东北亚、北美和南美洲北部，中国很多地区也有分布。在野外看见水晶兰的时候，人们总是会忍不住敬畏它那遗世独立的皎洁，感受不到一丝生命的迹象，仿佛它来自死亡的世界。相比石蒜，水晶兰似乎更适合彼岸花的称号。



水晶兰，最晶莹剔透的花。（林业杰摄）

水晶兰属原来属于鹿蹄草科，现在被归并到杜鹃花科中。由于水晶兰是最常见的菌异养植物，很多人可能会产生大部分菌异养植物都属于真双子叶植物的印象。但实际上，在所有菌异养植物中，真双子叶植物只占非常小的一部分，大部分菌异养植物都是单子叶植物。完全菌异养在被子植物中至少独立起源了45次。完全菌异养植物中，有约468种都是单子叶植物，只有47种是真双子叶植物，差不多只有前者的十分之一。但与此相对的是，寄生植物独立起源了11次，约390种且全部属于真双子叶植物。为什么会出现这样数量悬殊的对比呢？我们目前还没有答案。也许是单子叶植物的根系更容易跟真菌形成共生关系，从而有利于演化出菌异养的生活方式。

单子叶植物中有5个目7个科含有菌异养植物，而真双子叶植物中只有3个目3个科有菌异养植物，分别为豆目的远志科，龙胆目的龙胆科，和杜鹃花目的杜鹃花科。我国的远志科寄生鳞叶草（Epirixanthes elongata）和龙胆科杯药草（Exacum paucisquama），均产于云南、广东、海南等热带地区，非常稀有，很少能被人发现。所以在国内，我们平时能够看到的菌异养植物，都属于杜鹃花科水晶兰亚科，我国一共产4属5种。

杜鹃花科是一个大科，共约126属3995种植物，其中有11个属含有完全菌异养植物。杜鹃花科中的完全菌异养现象一共独立起源了两次：一次在水晶兰亚科中，一次在鹿蹄草亚科中的无叶鹿蹄草（Pyrola aphylla）。

水晶兰是多年生草本植物，茎直立，单一不分枝，高10～30厘米。叶鳞片状直立互生。花单一，也是其种加词“uniflora”的意思。花生于枝顶部，先下垂，后直立。花冠呈筒状钟形，长1.4～2厘米，直径1.1～1.6厘米。苞片鳞片状，与叶同形；萼片鳞片状，早落；花瓣5～6片，离生，内侧长有密生粗毛；雄蕊10～12，花丝有粗毛，花药黄色；子房5室；花柱长2～3毫米，柱头膨大呈漏斗状。花期8～9月。

另一种国内常见的水晶兰类植物松下兰，则以形成多花的花序跟单花的水晶兰不同。而且，花的颜色呈浅黄棕色，没有水晶兰那么晶莹剔透，颜值略逊一筹。

作为一种比较常见的菌异养植物，水晶兰类植物也成为研究菌异养植物群落生态的理想材料。

跟通体白色的水晶兰不同，水晶兰的亲戚香味水晶兰（Monotropsis odorata）植株被褐色如枯叶般的苞片所覆盖，并靠花朵散发出的香味吸引昆虫来传粉和散播种子。这种行为很像是动物里面如枯叶蝶使用的保护色。科学家们猜测香味水晶兰的苞片实际上是对地面上的落叶的拟态，从而保护其免受食草动物的侵害。由于大部分陆生

植物都需要叶绿素进行光合作用而呈绿色，所以保护色对这些植物来说并不是一个行得通的策略。但由于异养植物不需要再进行光合作用了，跟绿色植物相比它们就有了更多的颜色选择，它们便可以使用这种绿色植物无法使用的保护色了。为了验证这一保护色机制，科学家们在美国田纳西州进行了为期两年的实验。每年香味水晶兰的繁殖季节到来时，科学家们都会将一部分香味水晶兰的苞片去除，对比摘除所有苞片和保留苞片的植株的被啃食率。果然在摘除苞片之后，由于失去了保护色，香味水晶兰被草食动物啃食的概率提高了27%。科学家们还对比了香味水晶兰苞片和地面落叶的反射系数，结果发现两者非常相近，苞片无法从地面落叶中被区分开。这一结果也证实了香味水晶兰苞片对枯叶的拟态，并起到了保护色作用。



香味水晶兰，可见其被褐色如枯叶般的苞片所覆盖的植株和花朵，由于不需要光合作用，它可以采用植物中罕见的保护色来使自己难以被动物发现而受到啃食。（图自James Henderson）

关于菌异养植物的共生演化有一个假说，即当菌异养植物在地下对真菌寄主的选择专一性增强的时候，为了保障生存概率和降低灭绝概

率，它们在地上对传粉者的专一性会降低，甚至会倾向于自交。如果在两端都专一化的话，就会大大增加菌异养植物的生存成本，出现找得到合适的寄生真菌，却找不到合适的传粉者的困境，增大其灭绝的概率。这类似于人择偶的时候，要么倾向于有钱，要么倾向于有颜。非要找既有钱又有颜的，往往就老是找不到合适的，最后就变成“剩男剩女”了。

那么水晶兰族植物是否能够验证这一假说呢？生物学家对水晶兰族植物的传粉做了细致的观察和统计，结果发现该类植物都特别依赖熊蜂（Bombus　spp.）作为主要传粉者。水晶兰依赖于熊蜂将花粉传播到同株植物的其他花朵上（同株异花授粉）。香味水晶兰在其花药顶端有一个开孔，花粉包裹在花药囊内。其传粉更是需要熊蜂翅膀的高频振动（振动授粉）。这一研究结果跟上述假说正好相反，水晶兰类植物不仅对传粉昆虫的种类有着专一性，某些种类对传粉的形式也演化出了专一性。

水晶兰类植物这样“既要钱又要颜”的高傲行为，是否预示着它们正走在演化的绝路上呢？它们这种挑三拣四的性格是否最终会导致灭绝呢？我们尚不能得出确切的答案。或许熊蜂的广泛分布还不足以对水晶兰属植物的传粉者选择造成选择压力，它们面临的本就是一个土豪遍布的世界？我们需要在更多的菌异养植物群体上开展传粉生态学的研究，来进一步检验这一假说。

第二十一章　离奇消失的传奇植物——美国水玉杯

美国水玉杯离奇地出现，又离奇地消失，从此成为美国植物学界的一个传奇性的谜团。

1912年8月5日，当时还在芝加哥大学攻读植物学博士学位的诺玛·菲佛，在芝加哥市区靠近119街和托伦斯大道的一片草地中，收集为本科生植物学课准备的苔藓样品。当诺玛小心地将苔藓和落叶拨开时，她看到了一朵指甲盖那么大的白色花。当时的她没有预料到，这次不经意的发现，竟然造就了北美植物学界的一个传奇。

诺玛知道她发现了一种奇特的植物，但发现它到底有多奇特，则耗费了她数年的时间。植物学家是需要耐心的。诺玛花了一整年时间对它的结构进行研究。她在芝加哥大学图书馆查阅了大量文献，发现这株小花属于一个大部分都生长于热带的科，但这个物种还从来没有被人描述过。诺玛发现的小花的顶端像六芒星一样有六根须状物，三根在顶端连接起来，三根向外延伸。花期在7月到9月之间，白色的根系和叶片位于地面下。

诺玛发现的植物美国水玉杯（Thismia　americana）属于单子叶植物中的薯蓣目（Dioscoreales），水玉杯科（Thismiaceae）。这是一种非常罕见的菌异养小草本，完全缺乏叶绿素，靠寄生在真菌上获得营养。整个水玉杯科植物都是典型的热带植物，整个科中离美国水玉杯最近的亲戚，分布在中美洲的巴拿马。为什么这样一种植物，会在美国如此靠北的地区，且还是市区内出现呢？这就像你在北京的玉渊潭公园看到了一株野生的大花草，实在是一件让人难以置信的事情。



美国水玉杯同属的亲戚（Thismia rodwayi），生长于澳大利亚南部和新西兰，其外形和美国水玉杯相似，但相距十万八千里。（图自Thouny）

没有人知道为什么热带的水玉杯会出现在那里。有植物学家认为，因为诺玛发现水玉杯的地方临近马路和农场，当年路过的卡车载有来自新西兰的进口绵羊。这些绵羊身上，或许带有新西兰水玉杯的种子，被抖落在此处萌发了出来，正好被诺玛发现了。也有植物学家怀疑这些种子可能是由长途迁徙的鸟类带来的。但仍有植物学家相信，美国水玉杯可能就是芝加哥本地产的。在冰河期，美国其他地区的水玉杯因为受不了严寒的气候而灭绝。但诺玛发现的水玉杯，则躲在芝加哥相对温暖的这片区域内，幸运地躲过了那场浩劫，存活到了现在。

诺玛在接下来的两年中回到最初发现美国水玉杯的地方，进行了多次采样，对这种植物的形态和生态进行了详细的研究，并据此完成了她的博士论文。诺玛凭借对美国水玉杯的研究获得了她的博士学位，当年她才24岁，是当时在芝加哥大学获得博士学位中最年轻的人。但作为一名20世纪初的女性，她的职业生涯却并不顺利。在找寻教职时她多次受到性别上的歧视。她最后只得离开了芝加哥，去北达科塔大学教授植物学。十年之后她前往纽约的博伊斯汤普森研究所当植物研究员。该研究所拥有大量女性科学家，并为她们提供了更为宽松友好的工作环境。诺玛此后从事百合类植物的繁育研究，一直活到了100岁。她将她的一些水玉杯标本送给了当地博物馆，一些送给了密苏里植物园和德国的标本

馆。但在她毕业之后的一个多世纪，再也没有人见到过这种植物了。美国水玉杯离奇地出现，又离奇地消失，从此成为美国植物学界的一个传奇性的谜团。

1948年，一名阿肯色州的植物学老师曾声称他在当地看到过美国水玉杯，但这一发现直到1972年，他去芝加哥当地博物馆的时候才被芝加哥人知晓。博物馆馆长想要联系当地学校帮助再次找到这种植物，最后也没有下文。

诺玛说，1914年她发现美国水玉杯的地方建起了一个粮仓，但她又在附近的地方发现了一些新的植株。现在该区域已经变成了居民区，很多人觉得由于栖息地的破坏，美国水玉杯已经彻底灭绝了。但芝加哥当地的一些植物学爱好者，却从来没有放弃重新发现美国水玉杯的希望。他们每年夏季都会组织一场名为“水玉杯狩猎”的活动，希望能够再次看到美国水玉杯的倩影。

在“水玉杯狩猎”中，植物爱好者们驱车前往当年诺玛发现水玉杯的地点和环境与其类似的附近地点，以15人为一组，6组人马进行大海捞针一般的地毯式搜索。伴生植物是发现水玉杯的最好线索。诺玛当年描述了11种和水玉杯生长在一起的植物。每当看到描述的伴生植物出现的时候，搜索者就会格外小心起来，蹲在地上仔细拨开地表的植被，企图找到水玉杯。然而每次狩猎的结果都是令人失望的，水玉杯从来没有出现过。

虽然从来没有发现过水玉杯，但“水玉杯狩猎”也并非完全没有意义。植物爱好者在这种地毯式的植物搜索中，为当地的植物区系贡献了数十种以前没有发现过的植物。

水玉杯在我国也有分布，局限于广东、云南、香港、台湾等热带地区。2002年在台湾发现了新种台湾水玉杯（Thismia taiwanensis）；2013年在云南发现了新种贡山水玉杯（Thismia gongshanensis）；2015年2月4日，香港研究者发表了在大埔滘自然保护区发现的新种香港

水玉杯（Thismia hongkongensis）。但都只是惊鸿一瞥，没有大规模发现的报道。大家要是有幸在野外看到这类植物，一定要记得拍照并联系植物学家，说不定还是一个震惊世界的大发现哦！

腐生植物就是这样如同鬼魅一般的存在。当代研究表明，跟美国水玉杯亲缘关系最近的水玉杯分布在大洋洲和中国台湾。它到底灭绝没有呢？我们谁都不知道。因为也有生物在一百多年后才被人发现的报道。所以或许某一天，在某个植物爱好者自家的后院里，孩子在玩耍时不经意拨开了一丛小草，就能看到它的倩影。

第二十二章　寄生还是菌异养？——唯一的异养裸子植物寄生陆均松

在裸子植物中，只生长在新喀里多尼亚岛上的寄生陆均松，则是唯一有可能进行菌异养生活的植物。

前面提到的各种菌异养植物都属于被子植物，被子植物中有10个科拥有菌异养植物，一共约515种。但其实在植物界中，不光是被子植物，其他各类陆生植物也都演化出了菌异养现象。苔类植物大约有8000种，很多苔类的配子体会跟一些内生真菌共生，但这种共生关系并未在孢子体中发现。在众多苔类植物中，人们只发现了一种绿片苔（Aneura mirabilis）是完全菌异养植物。这种绿片苔分布在格陵兰岛和欧洲，生长于泥炭藓丛生的沼泽表面下20厘米处。在这一幽暗的环境中，光合作用几乎无法发生。它们靠从与其共生的胶膜菌（Tulasnella）身上获取营养来维持生存。所有的绿片苔都跟担子菌及胶膜菌共生，而且绿片苔也是唯一会跟担子菌以及胶膜菌共生的苔类。

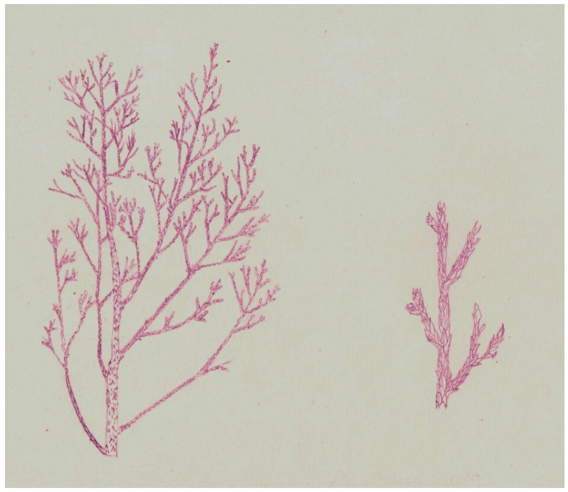
蕨类和石松类植物的生活史存在世代交替现象，分为配子体世代和孢子体世代。苔藓类植物以配子体世代占主导，蕨类和石松类植物则以孢子体世代占主导。我们看到的蕨类都是其孢子体。其叶片的背面在繁殖季节会产生大量集合成群的孢子囊。孢子囊中的孢子母细胞经过减数分裂，形成单倍体的孢子。成熟后的孢子从孢子囊中散出，在潮湿土壤上萌发，长成扁平心脏形的单倍体配子体，成为原叶体。原叶体在短暂生长之后就会产生颈卵器和精子器，在有雨水的情况下，精子器中的精子游入颈卵器与卵细胞结合形成受精卵。受精卵分裂形成胚，在原叶体上生长，吸取原叶体的营养，最终长成独立的孢子体，原叶体不久就凋

亡了。

大部分蕨类和石松类的配子体及原叶体，具有叶绿素，可以进行光合作用。但有一些蕨类和石松类植物的原叶体是没有叶绿素的，且生长在地下，需要跟丛枝菌根类真菌共生，并靠真菌提供营养。这一现象大量出现在石松科植物中，以及一些原始蕨类类群，如瓶尔小草科和松叶蕨科植物，以及里白科和莎草蕨科的一些蕨类。它们跟兰科植物一样，在生活史初期进行菌异养生活，但在长出绿叶之后就会进行光合作用，不再进行菌异养生活。但是在蕨类和石松类植物中，我们目前还没有发现完全菌异养植物。

而在裸子植物中，只生长在新喀里多尼亚岛上的寄生陆均松，则是唯一有可能进行菌异养生活的植物。

新喀里多尼亚是法国在太平洋西南部的一个海外属地，位于南回归线附近，占地18576平方公里。新喀里多尼亚不算大，却一直吸引着全世界动植物学家的目光，因为它是地球上绝无仅有的“挪亚方舟”。新喀里多尼亚是世界上每平方公里生物多样性最高的地方。该地区3332种植物中，竟然有2551种都是当地特有的。新喀里多尼亚不仅有很多当地特有属，甚至还有当地特有科。尤其是最为人瞩目的世界上最早分化出的被子植物——互叶梅（Amborella trichopoda），就只生长在该地区。互叶梅科互叶梅属互叶梅，只此一家，“别无分店”。该地区的44个原生裸子植物属，有43个都是当地特有的。这其中就包括我们的主角，目前已知唯一的异养裸子植物——寄生陆均松（Parasitaxus usta）。



寄生陆均松，新喀里多尼亚特有。我们对它特别的寄生/菌异养行为还知之甚少，亟需进一步研究。（小铖绘）

寄生陆均松是罗汉松科植物，自成一属。罗汉松科共9属约180种植物，广布于南半球，向北分布到墨西哥、西印度、东非和日本。寄生陆均松只生长在新喀里多尼亚偏远地区的密林中。植株高约1.5米，有着肉质酒红色到紫色的鳞片状叶。寄生陆均松缺乏根，茎直立，大量分枝条，从宿主的根部或茎干下部长出。叶片密集，鳞片状。寄生陆均松总是跟另一罗汉松科植物——新喀里多尼亚陆均松（Falcatifolium taxoides）的根系联系在一起。但最近的分子系统学研究显示，跟寄生陆均松亲缘关系最近的并不是新喀里多尼亚陆均松，而是澳大利亚塔斯马尼亚岛特有的泪柏（Lagarostrobos franklinii）和新西兰特有的新西兰陆均松（Manoao colensoi）。

围绕寄生陆均松的异养方式有着很多谜团，有的学者认为它是寄生植物，有的学者认为它是菌异养植物。寄生陆均松体内其实是含有叶绿素的，但研究者却无法检测到光合作用电子传递信号。1994年的一项研究发现，寄生陆均松的寄生吸器穿透寄主的形成层，形成丛生系统。但寄主和寄生物都被一种丛枝菌根真菌感染，显示出寄生陆均松的寄生行为似乎又跟菌异养相关。

而2005年更详细的研究则显示，寄生陆均松有着跟已知寄生植物都

不相同的寄生方式。碳同位素检测显示新喀里多尼亚陆均松的碳是通过真菌传递到寄生陆均松的。寄生陆均松实际上是以一种菌异养的方式寄生在新喀里多尼亚陆均松上的。

目前我们关于寄生陆均松的生活史详情还知之甚少，亟需进一步的研究。但它可能为我们提供了一种全新的，将寄生和菌异养方式结合在一起的异养方式。

第二十三章　寻访国产珍稀幽灵之花——杯药草

第一次见面时，甚至都还不知道名字，只注意到它的娉娉婷婷，见识到它在昏暗的不为人知的角落，透着光线一般，干净，不食人间烟火。

身段纤瘦，苍白到光线能够穿透的躯体，支撑了极精致的面容。若是提及更加私密的身躯，同样通透而带着几分明艳，那是它不似人间的唇瓣和花蕊。熹微的光线都极少触及的影子底下，温暖而潮湿的空间里，它绽放着，身躯甚至不曾沾染别的遮掩。

仅仅是真实的描述，就足以让人迷醉于它的肉体，而更加令人无可自拔的，是它比风还要难以寻觅的踪迹。它是它身边的一切的附庸，却又不是任何一切的附庸；它应该出现在故事中，在童话里，在某个虚拟的不曾出现的时空，唯独不该出现在浊气十足的人间。

你很难不被这样的生灵吸引。

第一次见面时，甚至都还不知道名字，只注意到它的娉娉婷婷，见识到它在昏暗的不为人知的角落，透着光线一般，干净，不食人间烟火。

即使不是奇女子，它也让人一见钟情。

它是尘埃里凭空开出的花，看得见的卑微，看不见的欢喜。

当同行的前辈在林下寻找到它，旁边碧绿青葱像是沿阶草的植物，让他误认为，这一株伸出来的花葶，大概正是所谓“沿阶草”开放的

花。而跟在后面的我，在矮一点的坡地，遇见一株周遭什么都没有的花，看不见它的叶，看不见球茎或是别的什么，甚至看不到一丝绿色。

我开始意识到，连绵阴雨之后第一个晴天的山野之行，收获比想象的要多太多——这一定是一株寄生或者腐生植物，可遇不可求，可望不可即。

但凡异养植物，自从走上了不用叶绿体自食其力，而要寻求其他的食物来源这条特立独行的路，总会显得有些妖异的气质：颜色可以不要，叶子可以不要，枝干可以不要，只凭一朵花，一枝花葶，只要有办法生存和繁衍，一切繁杂都可舍弃。

所以这一类奇异的生灵，总带着极简主义的画风，而寥寥数笔勾勒之下，是不需要艳丽和繁复来修饰的气质。“出淤泥而不染”，在它们的故事里，这样的对比，绝不比莲花差上半分。

我一直不算与异养植物有缘，迄今也不过见过三两种，蛇菰、松下兰，都是并不算稀罕的东西，而其他的即便是常见种类都不曾相逢。此次遇见，实在不曾怀着一丝希冀，更显得喜出望外。

所以它究竟是谁呢？

杯药草，学名Exacum paucisquamum，龙胆科极少数的异养成员之一。龙胆科有超过1650种植物，隶属于92个属。而其中有25种植物是没有叶绿素的完全菌异养植物，并分布在4个属。其中3个属的成员都只出现在非洲和美洲的热带地区，亚洲分布的只有藻百年属一属。杯药草曾经是杯药草属（Cotylanthera）的成员，杯药草属一共5种植物，皆为产自亚洲热带的完全菌异养小草本植物，其分布区域从尼泊尔、不丹，通过中国南部，一直延伸到中南半岛、印度尼西亚、菲律宾和新几内亚，中国境内只发现有杯药草一种。当代分子系统学研究发现，杯药草属属于藻百年属，所以该属后来被归并入藻百年属（也叫紫芳草属）。藻百年属一共有68种植物，以非洲南部的马达加斯加岛和印度南部及斯

里兰卡为分布中心，只有少数分布到阿拉伯半岛和东南亚。除了原属于杯药草属的5种植物以外，藻百年属的其他成员都是正常进行光合作用的非异养植物，而中国境内则分布有杯药草的两种绿色亲戚——藻百年（Exacum tetragonum）和云南藻百年（Exacum teres），前者产于广东、广西、贵州、江西和云南，后者只产于云南，也都是并不十分常见的野生植物。



林下的杯药草（Exacum paucisquamum），没有叶片，一枝素色的花遗世独立，简约却充满了魅力。（小铖摄）

同一属中既有正常进行光合作用的自养植物，也有完全进行异养生活的菌异养植物，是很少见的事。杯药草是怎样从它们的绿色祖先那里，一步一步逐渐丢失光合作用的能力，开始进行菌异养生活的呢？这也引起了科学家们的好奇心。但由于杯药草神出鬼没，数量稀少，我们也很难得到它的材料进行详细的研究。而中国产的双子叶菌异养植物，除了大家比较能够常看到的杜鹃花科的水晶兰和松下兰之外，就只剩下两种植物：一种是龙胆科的杯药草，另一种是远志科的寄生鳞叶草（Epirixanthes elongata），也分布在福建、海南和云南的热带地区。

龙胆科本就是极为精巧的美丽花朵聚集的家族，初见杯药草时并未联想到它的归属，只觉得其花药神似野牡丹科的类群，长而尖，并且是金黄色，只是从来没有一点这一类群中存有异端的印象。询问高手，才

确定其姓名，陆续得知更多的身份信息。

而关于它的踪迹，空间距离最近的报道，发生在更加南面的香港——2012年，那里出现过它的踪迹。其他的产区，则是西藏、云南、四川；有人在贵州也拍到过，都是在海拔不算低的山区。而这一次，正因为以前都没有过报道，从未有过期待，甚至不曾听闻这样一种生灵，匆匆撞见，一见难忘。

帮做异养植物研究的好友采集一株，用于科研，方才知晓它根系纤弱，捧在手中，像是捧着少女的心。盛放的花，十字形的萼和交错十字的浅紫色的瓣，四枚金黄色柳叶形的药，纤细修长的柱头，都支撑于瘦削如豆芽，却有着成对鳞片状透明叶片的茎秆之上。

带回来的路上，友人本将它装在瓶中，回家却突然消失不见，急煞人也。我倒是不算着急，十有八九落在车上，第二天找前辈开车门寻一寻便是。果然，一夜之间失而复得，忍不住再摆拍几张，算是在用硅胶将其封印之前，留下它最后的亮色。

与你我一道穿越了无数的时光才得以留存于世间，化作绚烂的夏花，它就在那里。

只是不知道这辈子能否再次沉醉于它遗世独立的身影。

它曾沉睡在我的手心里，这是没有多少人拥有的幸福和幸运。



杯药草的植株，通体没有一丝绿色，如同玉雕的簪子一般，晶莹剔透，在光下熠熠

生辉

后记

这本书是在我为“知乎一小时”出版计划所写的小书《进击的植物》基础上的扩写。作为一个知乎“不活跃”用户，当时收到知乎出版计划邀请的时候是受宠若惊的。我其实是一个不善于也不太有欲望跟他人交流的人，也习惯了一个人闷着头做科研、读书、看电影、做饭的博士生生涯，甚至可以一整天不说一句话。但当我做研究读文献的时候，往往能够看到很多有意思的研究，那些光怪陆离的生命形式，一次次地刷新着我们对大自然的认知，拓展了我们对生命的理解。每当我看到这些自然界奇趣的时候，在自己拍案叫绝之余，也希望跟更多的人分享我的喜悦之情。特别是学术界以外的人，可能很难有机会及时了解到生物学研究最前沿的激动人心的发现和动向。独乐乐不如众乐乐，这就是我上知乎的原始动机，虽然答的题很少，但每答一道题，都要花去好几个小时自己查文献，再花点时间自己消化一下，含英咀华，从海量的信息中提取出最激动人心的部分来，组织一下语言看怎样才能通俗易懂地讲给大家听，最后才是花两三个小时写回答。所以每答一道题，都花去了我不少的时间和精力，每次答完都像跑了几十公里马拉松一样疲惫。然而想到我的这点微薄贡献能够为大家，特别是为非专业人士提供学界最前沿的资讯，让他们也感受到我面对新知识时的喜悦之情，我就觉得这些辛苦也是值得的了。

我们这一代很多人都是看《动物世界》和《人与自然》长大的，很难不对那里面神奇而有趣的生命形式产生兴趣，拍案叫绝。作为一个专门研究神奇植物的演化生物学博士，我更是亲身投入到了研究这些奇特生物的第一线。写这一本小书的目的，首先当然是为大家展示那些平时很少出现在大众视野内，还不太为人所知的奇异植物，来满足大家的好奇心。但我并不满足于仅仅停留在猎奇的程度。实际上，当我们对这些奇异植物仔细展开研究时，它们所能给我们提供的演化生物学上的不

可多得的新认识，才是更有趣的。通过这些奇异植物，我们对生命形式和生物的相互作用有了崭新的认识，从中提出并证明了很多演化生物学上的假说，有些假说甚至可以追溯到达尔文时期。演化生物学家像弄潮儿一样，在一个又一个奇异植物形成的浪尖获得巅峰体验，我也很希望能够跟大家分享这些巅峰体验，在猎奇之余感受到科学研究的魅力。所以写这本书的初衷，是以奇异植物为窗口，为大家打开一个了解演化生物学研究最前沿动向和成果的窗口，以自己的绵薄之力，在大众和演化生物学研究之间架上一座桥梁。

这本书的成书过程也是坎坷的。当知乎联系上我时，我很爽快地答应了。但后面才发现，获得各种奇异植物图片的版权倒成了最令人头疼的事。由于很多奇异植物都生长在人迹罕至的海外，尤其是热带雨林地区，植物照片的版权就很成问题。而这本书恰恰又需要大量生动美观的照片来体现这些植物非同凡响之处，无法使用照片使我一度想要放弃。最终幸得知乎编辑的提议，我联系上了同样是知乎植物区活跃答主、植物鉴定专家小铖，委托他帮我进行手绘图，他也欣然同意了，让我万分感激。没有小铖的帮助，这本书是完成不了的。手绘图的效果也大大出乎了我的意料，不仅完美展示出了各种植物的奇特之处，在表现某些解剖细部和对不同的异养植物进行比较时，还有着实物图无可比拟的优点，实在是让我喜出望外。另外还要感谢另一知乎答主林业杰提供的精美照片，也让我得以展示出异养植物无与伦比的美，为这本书锦上添花。

感谢知乎和出版方为我提供了这么一个平台，在普通读者和奇异植物跟演化生物学之间架起一座沟通的桥梁。最后也要感谢各位充满好奇心的读者，如果你们能够跟我一样，感受到这些植物的神奇之处和演化生物学研究的魅力，我尽绵薄之力所想要的目的也就达到了。

而跟“知乎一小时”相比，这本书差不多是前者三倍以上的篇幅。除了扩写了之前的篇章，加入了很多更详细的描写和资讯以外，还加入

了大量新撰写的篇幅以飨读者，希望能为读者展现出这些奇妙植物更完整的世界。同时也要感谢橙子夏2013提供的诸多精美的肉食植物的照片。我在撰写这本书时，正好好友小铖同学在广东采到了神出鬼没的罕见菌异养植物杯药草，这也是广东的首次杯药草采集记录。激动之余，我赶紧让他帮我收集了一些来之不易的植物样本以供研究。顺便也请他写就了本书的最后一章，介绍了一下他采集到杯药草的不同寻常的经历，也跟各位读者分享一下我们的激动心情。

参考文献

*芮孔明，杨新华. 2009. 天麻栽培与加工技术. 农友之家，278:50-51.

*王晓晨，徐庆，陈章良. 1999. 天麻中一种抗真菌蛋白基因的克隆. 植物学报，41:1041-1045.

*徐锦堂，兰进. 2001. 天麻的营养繁殖茎及其抑菌功能. 植物学报，43:348-353.

* Anderson B, Midgley JJ. 2002. It takes two to tango but three is a tangle: mutualists and cheaters on the carnivorous plant Roridula. Oecologia 132: 369-373.

* Anderson B, Midgley JJ. 2007. Density-dependent outcomes in a digestive mutualism between carnivorous Roridula plants and their associated hemipterans. Oecologia 152: 115-120.

* Atwater DZ, et al. 2006. Spatial distribution and impacts of moth herbivory on northern pitcher plants. Northeastern Naturalist 13: 43-56.

* Averyanov LV, et al. 2014. Checklist of mycoheterotrophic species of the genus Exacum (Gentianaceae) and new species, E. zigomorpha, from northern Vietnam. Phytotaxa 183: 108-113.

* Barlow BA & Wiens D. 1977. Host-parasite resemblance in Australian mistletoe: the case for cryptic mimicry. Evolution 31: 69-84.

* Barrett CF, Freudenstein JV, Li J, Mayfield-Jones DR, Perez

L, Pires JC, Santons C. 2014. Investigating the path of plastid genome degradation in an early-transitional clade of heterotrophic orchids, and implications for heterotrophic angiosperms. Molecular biology and evolution 31: 3095-3112.

* Barthlott W, et al. 1998. First protozoatrapping plant found. Nature 392: 447.

* Barthlott W, et al. 2007. The curious world of carnivorous plants: a comprehensive guide to their biology and cultivation. Portland [OR]: Timber Press.

* Beaver RA. 1985. Geographical variation in food web structure in Nepenthes pitcher plants. Ecological Entomology 10:241-248.

* Bolin JF, et al. 2009. Pollination biology of Hydnora Africana Thunb. (Hydnoraceae) in Namibia: brood-site mimicry with insect imprisonment. International Journal of Plant Science 170:157-163.

* Bidartondo MI. 2005. The evolutionary ecology of mycoheterotrophy. New Phytologist 167: 335-352.

* Bidartondo MI, et al. 2003. Specialized cheating of the ectomycorrhizal symbiosis by an epiparasitic liverwort. Proceedings of the Royal Society Lond B 270:835-842.

* Bowman JL, et al. 1991. Genetic interactions among floral homeotic genes. Development 112: 1-20.

* Bringmann G et al. 1998. The Alkaloids of Triphyophyllum peltatum (Dioncophyllaceae). Chimia 52: 18-28.

* Buchmann SL. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In: Jones CE, Little RJ (eds) Handbook of experimental pollination biology. S. & E. Scienti fi c and Academic Editions, New York, pp 73-113.

* Burger AE. 2005. Dispersal and germination of seeds of Pisonia grandis, an Indo-Pacific tropical tree associated with insular seabird colonies. Journal of Tropical Ecology 21: 263-271.

* Caio GP, et al. 2012. Underground leaves of Philcoxia trap and digest nematodes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109: 1154-1158.

* Chase MW, et al. 2009. Murderous plants: Victorian Gothic, Darwin and modern insights into vegetable carnivory. Botanical Journal of the Linnean Society 161: 329-356.

* Chin L, et al. 2010. Trap geometry in three giant montane pitcher plant species from Borneo is a function of tree shrew body size. New Phytologist 191: 545-554.

* Christensen K. 1976. The role of carnivory in Sarracenia flava L. with regard to specific nutrient deficiencies. Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 92: 144-147.

* Clarke CM & Kitching RL. 1993. The metazoan food-webs from six Bornean Nepenthes species. Ecological Entomology 18:7-16.

* Darnowski DW, et al. 2006. Evidence of protocarnivory in triggerplants (Stylidium spp.; Stylidiaceae). Plant biology 8: 805-812.

* Davis CC, et al. 2008. The evolution of floral gigantism.

Current Opinios in Plant Biology 11: 49-57.

* Davis CC, Xi Z. 2015. Horizontal gene transfer in parasitic plants. Current Opinion in Plant Biology 26: 14-19.

* de Vega C, et al. 2008. Genetic races associated with the genera and sections of host species in the holoparasitic plant Cytinus (Cytinaceae) in the Western Mediterranean basin. New Phytologist 178: 875-887.

* de Vega C, et al. 2009. The ant-pollination system of Cytinus hypocistis (Cytinaceae), a Mediterranean root holoparasite. Annals of Botany103: 1965-1075.

* Ehleringer JR et al. 1986. Mistletoes - a hypothesis concerning morphological and chemical avoidance of herbivory. Oecologia 70: 234-237.

* Ellis AG & Midgley JJ. 1996. A new plant-animal mutualism involving a plant with sticky leaves and a resident hemipteran insect. Oecologia 106:478-481.

* Fasing NJ. 1981. Arthropod associated of the cobra lily (Darlingtonia californica). Virginia Journal of Science 32:92.

* Feild TS, Brodribb TJ. 2005. A unique mode of parasitism in the conifer coral tree Parasitaxus ustus (Podocarpaceae). Plant, Cell and Environment 28: 1316-1325.

* Gibson CC & Watkinson AR. 1989. The host range and selectivity of a parasitic plant: Rhinanthus minor L. Oecologia 78: 401-406.

* Grafe, et al. 2011. A novel resource-service mutualism

between bats and pitcher plants. Biology Letters 7:436-439.

* Green S, et al. 1979. Seasonal heterophylly and leaf gland features in Triphyophyllum (Dioncophyllaceae), a new carnivorous plant genus. Botanical Journal of the Linnean Society 78:99-116.

* Hanslin HM & Karlsson PS. 1996. Nitrogen uptake from prey and substrate as affected by prey capture level and plant reproductive status in four carnivorous plant species. Oecologia 106: 370-375.

* Heide-Jørgensen H. 2008. Parasitic Flowering Plants. Brill, The Netherlands.

* Heslop-Harrison Y & Knox RB. 1971. A cytochemical study of the leaf-gland enzymes of insectivorous plants of the genus Pinguicula. Planta 96: 183-211.

* Joel DM, et al. 1985. Ultraviolet patterns in the traps of carnivorous plants. New Phytologist 101: 585-593.

* Juniper BE et al. 1989. The Carnivorous Plants. Academic Press Limited, San Diego.

* Jurgens A, et al. 2012. Pollinator-prey conflict in carnivorous plant. Biological Reviews 87: 602-615.

* Kamienski F. 1882. Les organs végétatifs du Monotropa hypopitys L. Mémoires de la Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques de Cherbourg 24:5-40.

* Kelly CK, et al. 1988. Host specialization in Cuscuta costaricensis: An assessment of host use relative to host

availability. Oikos 53: 315-320.

* Klooster MR, et al. 2009. Cryptic bracts facilitate herbivore avoidance in the mycoheterotrophic plant Monotropsis odorata (Ericaceae). American Journal of Botany 96: 2197-2205.

* Kujit J. 1969. The Biology of Parasitic Flowering Plants. University of California Press, Berkeley.

* Li H-Q & Bi Y-K. 2013. A new species of Thismia (Thismiaceae) from Yunnan, China. Phytotaxa 105:25-28.

* Lloyd FE. 1942. The Carnivorous Plants. Chronica Botanica, Waltham, Mass.

* Mar SS & Saunders R. 2015. Thismia hongkongensis (Thismiaceae): a new mycoheterotrophic species from Hong Kong, China, with observations on floral visitors and seed dispersal. PhytoKeys 46:21-33.

* Loveys BR, et al. 2001. Transfer of photosynthate and naturally occurring insecticidal compounds from host plants to the root hemiparasite Santalum acuminatum (Santalaceae). Australian Journal of Botany 49: 9-16.

* Marko MD & Stermitz FR. 1997. Transfer of alkaloids from Delphinium to Castilleja via root parasitism. Norditerpenoid alkaloid analysis by electrospray mass spectrometry. Biochemical Systematics and Ecology 25: 279-285.

* Marvier MA. 1998. A mixed diet improves performance and herbivore resistance of a parasitic plant. Ecology 79: 1272-1280.

* Merbach MA, et al. 1999. Giant nectaries in the peristome thorns of the pitcher plant Nepenthes bicalcarata Hooker f. (Nepenthaceae): anatomy and functional aspects. Ecotropica 5: 45-50.

* Merbach MA, et al. 2001. Patterns of nectar secretion in five Nepenthes species from Brunei Darussalam, north-west Borneo, and implications for ant-plant relationships. Flora 196: 153-160.

* Merbach MA, et al. 2002. Mass march of termites into deadly trap. Nature 415:36-37.

* Merckx V. 2013. Mycoheterotrophy, the biolgy of plants living on fungi. Berlin, Germany: Springer.

* Merckx VSF & Smets EF. 2014. Thismia americana, the 101st anniversary of a botanical mystery. International Journal of Plant Sciences 175: 165-175.

* Moran JA, et al. 2001. Termite prey specialization in the pitcher plant Nepenthes albomarginata - evidence from stable isotope analysis. Annals of Botany 88: 307-311.

* Moran JA, et al. 2003. From carnivore to detritivore? Isotopic evidence for leaf litter utilization by the tropical pitcher plant Nepenthes ampullaria. International Journal of Plant Sciences 164: 635-639.

* Moran JA, et al. 2012. Tuning of color contrast signals to visual sensitivity maxima of tree shrews by three Bornean highland Nepenthes species. Plant Signaling & Behavior 7: 1267-1270.

* Musselman LJ & Press MC. 1995. Introduction to parasitic plants. In: Press, MC, Graves, JD, eds. Parasitic Plants. London, UK: Chapman & Hall.

* Naumann J, et al. 2016. Detecting and Characterizing the highly divergent plastid genome of the nonphotosynthetic parasitic plant Hydnora visseri (Hydnoraceae). Genome Biology & Evolution 8:345-363.

* Nelsen DW. 1990. Arthropod communities associated with Darlingtonia californica. Annals of the Entomological Society of America 83: 189-200.

* Nikolov LA, et al. 2013. Developmental origins of the world largest flowers, Rafflesiaceae. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110: 18578-18583.

* Nikolov LA, et al. 2014. Holoparasitic Rafflesiaceae possess the most reduced endophytes and yet give rise to the world’s largest flowers. Annal of Botany 114:223-242.

* Norton DA & Carpenter MA. 1998. Mistletoes as parasites: host specificity and speciation. Trends in Ecology and Evolution 13: 101-105.

* Ogura-Tsujita Y, et al. 2009. Evidence for novel and specialized mycorrhizal parasitism: the orchid Gastrodia confusa gains carbon from saprotrophic Mycena. Proceedings of the Royal Society Lond B 22:761-767.

* Pavlovic A, et al. 2011. Nutritional benefit from leaf litter utilization in the pitcher plant Nepenthes ampullaria.

Plant, Cell & Environment 34: 1865-1873.

* Plachno BJ, et al. 2007. Functional ultrastructure of Genlisea (Lentibulariaceae) digestive hairs. Annals of Botany 100: 195-203.

* Press MC. 1998. Dracula or Robin Hood? A functional role for root hemiparasites in nutrient poor ecosystems. Oikos 82: 609-611.

* Press MC & Phoenix GK. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. New Phytologist 166: 737-651.

* Puustinen S & Mutikainen P. 2001. Host–parasite–herbivore interactions: Implications of host cyanogenesis. Ecology 82: 2059-2071.

* Rees WA, Roe NA. 1978. Puya raimondii (Pitcairnioideae, Bromeliaceae) and birds: an hypothesis on nutrient relationships. Canadian Journal of Botany 58: 1262-1268.

* Robins RJ. 1978. Studies in secretion and absorption in Dionaea muscipula Ellis. Ph.D. dissertation, University of Oxford.

* Ross TG, et al. 2016. Plastid phylogenomics and molecular evolution of Alismatales. Cladistics 32: 160-178.

* Schnell DE. 2002. Carnivorous Plants of the United States and Canada. 2nd ed. Timber Press, Portland, Ore.

* Schulze ED, et al. 1991. The utilization of nitrogen from insect capture by different growth forms of Drosera from southwest Australia. Oecologia 87: 240-246.

* Smith SE & Read DJ. Mycorrhizal Symbiosis. Academic, London, UK.

* Sinclair WT, et al. 2002. Evolutionary relationships of the New Caledonian heterotrophic conifer, Parasitaxus usta (Podocarpaceae), inferred from chloroplast trnL-F intron/spacer and nuclear rDNA ITS2 sequences. Plant Systematics and Evolution 233: 79-104.

* Sorrenson DR & Jackson WT. 1968. The utilization of Paramecia by the carnivorous plant Utricularia gibba. Planta 83: 166-179.

* Sydenham PH & Findlay GP. 1973. The rapid movements of the bladder of Utricularia sp. Australian Journal of Biological Sciences 26:1115-1126.

* Sydenham PH & Findlay GP. 1975. Transport of solutes and water by resetting bladders of Utricularia. Australian Journal of Biological Sciences 2: 335-351.

* Tennakoon KU, et al. 2007. Structural attributes of the hypogeous holoparasite Hydnora triceps Drege & Meyer (Hydnoraceae). American Journal of Botany 94: 1439-1449.

* Wallace GD. 1977. Studies of the Monotropideae (Ericaceae). Floral nectaries: anatomy and function in pollination ecology. American Journal of Botany 64: 199-206.

* Waterman RJ, Bidartondo MI. 2008. Deception above, deception below: linking pollination and mycorrhizal biology of orchids. Journal of Experimental Botany 59: 1085-1096.

* Woltz PRA, et al. 1994. Interspecific parasitism in the

gymnosperms: unpublished data on two endemic New Caledonian Podocarpaceae using scanning electron microscopy. Acta Botanica Gallica 141:731-746.

* Xi Z, et al. 2012. Horizontal transfer of expressed genes in a parasitic flowering plant. BMC Genomics 13: 227.

* Yang SZ, et al. 2002. Thismia taiwanensis sp. nov. (Bumanniaceae Tribe Thismieae): First record of the Tribe in China. Systematic Botany 27:485-488.

* Zhang DX, et al. 1999. Corsiopsis chinensis gen. et ap. nov. (Corsiaceae): first record of the family in Asia. Systematic Botany 24: 311-314.

* Yuan YM, et al. 2003. Monophyly and relationships of the tribe Exaceae (Gentianaceae) inferred from nuclear ribosomal and chloroplast DNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 28: 500-517.

网络图片引用来源

眼镜蛇草Darlingtonia californica

By Picture taken by: NoahElhardt - Own work, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=656090

太阳瓶子草Heliamphora chimantensis

By Andreas Eils - own work by Andreas Eils, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1671989

瓶子草Sarracenia spp.

By NoahElhardt - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=809129

土瓶草Cephalotus follicularis

By Holger Hennern - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4029558

粘虫草Drosophyllum lusitanicum

By Taken by Carsten Niehaus (user:Lumbar). - Taken by Carsten Niehaus (user:Lumbar).,CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40519

白环猪笼草Nepenthes albomarginata

By Vincent Bazile. CC BY-SA 3.0

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes_albomarginata

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes_albomarginata

鹦鹉瓶子草Sarracenia psittacina

By Kurt Stüber [1] - caliban.mpiz-koeln.mpg.de/mavica/index.html part of www.biolib.de,CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7617

捕虫树Roridula gorgonias

By Polypompholyx at the English language Wikipedia, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3166519

黑翅地鸠Metriopelia melanoptera

By Gary L.Clark - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45174709

无刺藤Pisonia grandis

By Forest & Kim Starr, CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6186100

马来王猪笼草N. rajah

By Ch'ien Lee - Greenwood, M., C. Clarke, C.C. Lee, A. Gunsalam & R.H. Clarke 2011.A unique resource mutualism between the giant Bornean pitcher plant, Nepenthes rajah, and members of a small mammal community. PLoS ONE 6(6): e21114. doi:10.1371/journal.pone.0021114, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17947374

螺旋狸藻Genlisea subglabra

By Rosťa Kracík - http://www.darwiniana.cz/vamr/?page=obrazek&id=197, CC BY 3.0 cz, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8789512

貉藻Aldrovanda vesiculosa

By Denis Barthel

CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=76112

狸藻Utricularia aurea

By Michal Rubeš - http://www.darwiniana.cz/vamr/?page=obrazek&id=914, CC BY 3.0 cz, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8797924

二齿猪笼草N. bicalcarata

By Scharmann et al. - Scharmann, M., D.G. Thornham, T.U. Grafe & W. Federle (2013).A novel type of nutritional ant–plant interaction: ant partners of carnivorous pitcher plants prevent nutrient export by dipteran pitcher infauna. PLoS ONE 8(5): e63556.doi:10.1371/journal.pone.0063556, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26694730

斑叶疆南星Arum maculatum

CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68710

粘腺菖蒲T. glutinosa

By Mason Brock (Masebrock) - Own work, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=55030762

菟丝子By Khalid Mahmood - Own work, GFDL,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3380360

离花Pilostyles hamiltonii

By Kevin Thiele from Perth, Australia - KRT3188(1), CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41180682

大花草Rafflesia arnoldii

By ma_suska - ma_suska, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1981558

帽蕊草Mitrastemon yamamotoi

Von Baldhead1010 - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17515310

簇花草Cytinus ruber

By Mirko Piras - Mirko Piras, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3949498

美洲菌花Prosopanche Americana

By Lytton John Musselman - http://www.odu.edu/~lmusselm/plant/image.php?type=source&id=7740, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2482141

一品红Euphorbia pulcherrima

http://www.ars.usda.gov/is/graphics/photos/k7244-2.htm, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31788

寄生花Sapria himalayana

By Andreas Fleischmann (Contact: fleischmann@lrz.uni-muenchen.de) - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2449487

火焰草Castilleja miniata

By Dcrjsr - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10772485

列当科寄生植物Epifagus virginiana

By Cody Hough - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5039905

槲寄生Viscum album

By SwordSmurf - Own work, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5524457

火焰草Castilleja wightii

By a13ean - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27542256

美丽腐草Corsia Ornata

By Thassilo Franke - Thassilo Franke, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2125945

蜘蛛花Arachnitis uniflora

By pabloendemico - Arachnitis uniflora Phil., CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4782907

香味水晶兰Monotropsis odorata

By James Henderson, Gulf South Research Corporation, Bugwood.org - http://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1241224, CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11842158

水玉杯Thismia rodwayi

By Thouny - Own work, CC BY-SA 3.0,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32491149